



โครงการวิจัย ซีเค้ก Adding Protein



จัดทำโดย

นายเจษฎากร หมิ่นแก้ว นักเรียน ชั้น ม.5/1

นางสาวนลพรรณ สมเขาใหญ่ นักเรียน ชั้น ม.5/1

นางสาวกัญจพร กิมแสง นักเรียน ชั้น ม.5/1

นายอดิศักดิ์ บุญพิศ ครูที่ปรึกษาโครงการ (หัวหน้าโครงการ)

นายปิยะรัฐ อารมณ ครูที่ปรึกษาโครงการ

เสนอ

กองทุนสุขภาพและสภาวะโลกร้อน สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย

ภายใต้หัวข้อโครงการงานวิจัย

ผลของสภาวะโลกร้อนต่อระบบนิเวศ สิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

ประจำปี 2559





โครงการวิจัย ซีเค้ก Adding Protein



เสนอ

กองทุนสุขภาพและสภาวะโลกร้อน สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย

ภายใต้หัวข้อโครงการงานวิจัย

ผลของสภาวะโลกร้อนต่อระบบนิเวศ สิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

ประจำปี 2559



กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี โดยการให้ความช่วยเหลือของบุคคลหลายท่านทางคณะผู้วิจัย โรงเรียนสិขลคุณาธารวิทยา จังหวัดนครศรีธรรมราช จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ นายมุสรินทร์ โต๊ะเด็น หรือบังป่าว ที่ให้ศึกษาดูงานการเลี้ยงแพะที่บ้าน พร้อมทั้งให้คำปรึกษา และแนะนำเกี่ยวกับความรู้เรื่องของลักษณะทั่วไปชี้เค็กและประโยชน์ของชี้เค็ก บังป่าวอนุเคราะห์ชี้เค็กนำไปใช้ในการหมักฟรีๆ รวมทั้งเป็นผู้นำชี้เค็กที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์และยูเรียไปทดลองใช้ให้แพะของท่านกิน ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบังป่าวเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ นายกิตติศักดิ์ อาเก (ลุงฉุน) เกษตรกรที่เลี้ยงปลานิล ที่ได้ให้ข้อมูลการเลี้ยงปลานิล และการทำสูตรอาหารปลานิล ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ คุณครูศุภฤกษ์ โรจนธรรม ที่ช่วยแนะนำในการเตรียมสถานที่ใช้ในการทำโครงการ การเตรียมบ่อสำหรับเลี้ยงปลาตก รวมถึงวิธีการเลี้ยงปลาตกจนทำให้การทำโครงการชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณครูศุภฤกษ์ โรจนธรรม เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ คุณครูกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทำโครงการ ช่วยชี้แนะการเขียนรายงานวิจัย การตั้งจุดประสงค์ของการวิจัย รูปแบบการวิจัย และการใช้สถิติการวิจัย ให้คำปรึกษาข้อแนะนำต่างๆ จนรายงานวิจัยสำเร็จลุล่วงตามกรอบเวลาที่กำหนด

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสุนทร เพชรดี ที่ได้ช่วยในการอำนวยความสะดวกเรื่องสถานที่ในการทำโครงการ และสถานที่ในการจัดเก็บอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงการให้กำลังใจในการทำงานทำให้การทำโครงการชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนสุขภาพและสภาวะโลกร้อน สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการทำโครงการวิจัย ทำให้พวกเราได้รับประสบการณ์ต่างๆ มากมาย ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้ครูและนักเรียนในต่างจังหวัดได้พัฒนาตนเองในการเรียนรู้ผ่านการทำโครงการวิจัยอีกครั้งหนึ่ง ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

คณะผู้จัดทำโครงการวิจัย

ชื่อโครงงานวิจัย	ชี้เค้ก Adding Protein	
ชื่อผู้ทำโครงงานวิจัย	นางสาวกัญญพร กัมแสง	นักเรียน
	นายเจษฎากร หมื่นแก้ว	นักเรียน
	นางสาวนลพรรณ สมเขาใหญ่	นักเรียน
	นายอดิศักดิ์ บุญพิศ	ครู
	นายปิยะรัฐ อารมย์	ครู
สังกัด	โรงเรียนสิชลคุณาธารวิทยา	
ปีที่ทำโครงงาน	2559	

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัย ชี้้เค้ก Adding Protein เกิดจากผู้ศึกษาสังเกตเห็นว่าโรงงานสกัดปาล์มน้ำมันในท้องถิ่น ใช้ประโยชน์จากกากผลปาล์มที่เหลือจากการสกัดปาล์มน้ำมันน้อยมาก คือนำไปขายให้เกษตรกรในราคาถูก เกษตรกรจะนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ แต่คุณค่าสารอาหารในชี้้เค้กมีปริมาณน้อย จึงไม่เป็นที่นิยมในการนำมาเลี้ยงสัตว์มากนัก ทางคณะผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำชี้้เค้กไปเพิ่มปริมาณโปรตีนด้วยวิธีการหมักยีสต์และยูเรีย การศึกษารั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาระยะเวลาต่างๆ ในการหมักชี้้เค้กด้วยยีสต์และยูเรียว่าระยะเวลาใดมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด จากนั้นนำไปใช้เลี้ยงปลาตก โดยเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาตกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปกับชี้้เค้ก อัตราส่วน 50:50 กับปลาตกระหว่างเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป นอกจากนี้ยังศึกษาการแปลงสภาพของชี้้เค้กระยะเวลาต่างๆ ที่ได้จากการหมัก รวมถึงศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรในท้องถิ่นในการนำชี้้เค้กที่หมักด้วยยีสต์และยูเรียไปทดลองใช้เป็นอาหารแพะ

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ 1) แบบบันทึกผลสัมฤทธิ์เกษตรกรในท้องถิ่นในการเลี้ยงสัตว์ 2) แบบบันทึกผลการวิเคราะห์โปรตีนในชี้้เค้ก 3) แบบบันทึกการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาตกระหว่างปลาตกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป 100 เปอร์เซ็นต์กับปลาตกที่เลี้ยงด้วยชี้้เค้กและอาหารสำเร็จรูปในอัตราส่วน 50: 50 4) แบบสังเกตการเปลี่ยนแปลงสภาพของชี้้เค้กที่หมักครบในระยะเวลาต่างๆ 5) แบบสังเกตความพึงพอใจของเกษตรกรในการนำชี้้เค้กมาใช้ในการเลี้ยงแพะ 6) แบบสอบถามความพึงพอใจของเกษตรกรในการนำชี้้เค้กมาใช้ในการเลี้ยงแพะ 7) แบบสัมภาษณ์ความพึงพอใจของเกษตรกรในการนำชี้้เค้กมาใช้

ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มโปรตีนในชี้้เค้กด้วยวิธีการหมักยีสต์และยูเรีย ระยะเวลาที่มีโปรตีนมากที่สุด คือ สัปดาห์ที่ 4 หรือ 28 วัน ส่วนการเจริญเติบโตของปลาตกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปกับชี้้เค้ก อัตราส่วน 50:50 มีความเจริญเติบโตมากกว่าปลาตกเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ชี้้เค้กที่หมักเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์มีระยะเวลาการคงสภาพของชี้้เค้กที่นำไปใช้งานได้ยาวนานที่สุด คือ 10 วัน ส่วนความพึงพอใจของเกษตรกรในการนำชี้้เค้กไปใช้เลี้ยงแพะเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ

บทคัดย่อ

สารบัญ

สารบัญตาราง

สารบัญภาพ

บทที่

1	บทนำ.....	1
1.1	ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย.....	1
1.2	วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3	สมมติฐานของการวิจัย.....	3
1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5	ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.6	นิยามเชิงปฏิบัติการ.....	4
1.7	สถานที่ทำการวิจัย.....	4
2	เอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1	การทำการเกษตรและปัญหาของเกษตรกรในท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช.....	5
2.2	ประเภทของกากปาล์ม.....	7
2.3	การเพิ่มปริมาณโปรตีนด้วยการหมักยีสต์และยูเรีย.....	10
2.3.1	การหมักและการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์.....	10
2.3.2	การเพิ่มโปรตีนโดยการหมักยีสต์และยูเรีย.....	12
2.4	การหาปริมาณโปรตีน.....	14
2.5	การบูดเน่าหรือการเปลี่ยนแปลงสภาพ.....	17
2.6	การเลี้ยงปลานิล.....	20
2.7	การเลี้ยงปลาดุก.....	24
2.8	แบบสอบถาม แบบสังเกต แบบสัมภาษณ์.....	26
2.8.1	แบบสอบถาม	26
2.8.2	แบบสังเกต	27
2.8.2	แบบสัมภาษณ์	27
2.9	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3	วิธีดำเนินการวิจัย..... 30
3.1	ศึกษาดูงานการเลี้ยงแพะของเกษตรกรหมู่บ้านปลายทอน..... 30
3.2	วิธีดำเนินการวิจัย..... 32
3.2.1	การเพิ่มปริมาณโปรตีนด้วยวิธีการหมักยีสต์และยูเรีย..... 32
3.2.2	การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในชี้เค้กโดยวิธีเจลดาคัล..... 36
3.2.3	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปกับปลาดุกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปกับชี้เค้กในอัตราส่วน 50 : 50..... 37
3.3	การเปลี่ยนแปลงสภาพชี้เค้ก..... 43
3.4	ความพึงพอใจของเกษตรกร..... 44
3.5	การวิเคราะห์ข้อมูล..... 45
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 43
4.1	ผลการศึกษาการเพิ่มระดับของโปรตีนในชี้เค้กที่เกิดจากการหมักยีสต์และยูเรียในระยะเวลาต่างๆ..... 47
4.2	ผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป กับปลาดุกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปกับชี้เค้กในอัตราส่วน 50 : 50..... 49
4.3	ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพชี้เค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรียใน ที่หมักนานเป็นระยะเวลาต่างๆ..... 50
4.4	ผลการศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อการนำชี้เค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรียไปใช้เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ 51
4.4.1	ผลการศึกษาจากแบบสอบถาม..... 51
4.4.2	ผลการศึกษาจากแบบสังเกต..... 52
4.4.2	ผลการศึกษาจากแบบสัมภาษณ์..... 53
5	สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 54
5.1	วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 54
5.2	สมมติฐานของการวิจัย..... 54
5.3	สรุปการวิจัย..... 55
5.4	อภิปรายผล..... 56
5.5	ข้อเสนอแนะ..... 60
บรรณานุกรม.....	61

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ภาพการไปศึกษาดูงานหลังสอบปลายภาค 2/2558 ณ บ้านนายมดสรอินทร์ โตะเต็น
บ้านเลขที่ 84 หมู่ 7 ต. พุงปริง อ. สีชล จ. นครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 8 มีนาคม 2559

ภาคผนวก ข ภาพขั้นตอนการหมักซีเค้ด้วยยีสและยูเรีย

ภาคผนวก ค ใบรายงานผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในซีเค้ที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์และ
ยูเรีย ในระยะเวลาต่างๆ คือ ซีเค้เริ่มต้น (0 วัน) ระยะเวลา 1 สัปดาห์ 2 สัปดาห์
3 สัปดาห์ 4 สัปดาห์ และ 5 สัปดาห์

ภาคผนวก ง ภาพการศึกษาเปรียบเทียบการเลี้ยงปลาตก โดยใช้อาหารสำเร็จรูป 100 %
และปลาตกที่เลี้ยงด้วยซีเค้และอาหารสำเร็จรูป ในอัตราส่วน 50 : 50 %

ภาคผนวก จ ภาพการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพของซีเค้

ภาคผนวก ฉ ภาพการนำซีเค้ไปให้เกษตรกรทดลองใช้

ภาคผนวก ช ภาพสถานที่การทำโครงการ

ภาคผนวก ซ การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาตกเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป
กับปลาตกที่เลี้ยงด้วยซีเค้ที่หมักด้วยยีสต์ยูเรียและอาหารสำเร็จรูปด้วยอัตราส่วน 50:50

ภาคผนวก ฌ แบบสัมภาษณ์ความพึงพอใจของนายมดสรอินทร์ โตะเต็น

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการศึกษาการเพิ่มระดับของโปรตีนในไข่เค็มที่เกิดจากการหมักยีสต์และยูเรียในระยะเวลาต่างๆ ดังนี้ ระยะเวลา 7 วัน, 14 วัน, 21 วัน, 28 วัน และ 35 วัน	47
4.2 ผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกที่เลี้ยงด้วยไข่เค็มที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรีย กับอาหารสำเร็จรูปอัตราส่วน 50:50 กับปลาดุกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว	49
4.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพไข่เค็มที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรีย ที่หมักนานเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์, 2 สัปดาห์, 3 สัปดาห์ และระยะเวลา 4 สัปดาห์.....	50

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.1- 3.3 ศึกษาดูงานการเลี้ยงแพะของเกษตรกรหมู่บ้านปลายทอน	30-31
3.4 - 3.5 การชั่งส่วนผสมที่ใช้ในการหมัก.....	33-34
3.6 กวนส่วนผสมของน้ำหมักให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยไม้พายร่วมกับการใช้ปั๊มออกซิเจนเป่าลมทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชม.....	34
3.7 นำซีเค้กบรรจุในถุงพลาสติกสีดำซ้อน 2 ชั้น ถุงละ 1 กิโลกรัม จากนั้นนำน้ำหมักที่เตรียมไว้ใส่ลงไปนึ่งซีเค้กปริมาตร 0.2 ลิตร ผสมให้เข้ากัน ก่อนปิดถุงไล่อากาศออกให้หมด.....	35
3.8 ใช้ยางยืดมัดปากถุงหมักให้แน่นและหมักไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ 2 สัปดาห์ 3 สัปดาห์ 4 สัปดาห์ และ 5 สัปดาห์ เมื่อครบกำหนดนำซีเค้กไปวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนของซีเค้กแต่ละระยะ.....	35
3.9 การวางท่อวางท่อน้ำใหม่เพื่อสะดวกในการเปลี่ยนน้ำ.....	38
3.10 นำท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว มาต่อกับวาล์วสำหรับเปิดน้ำทั้งสองบ่อ	38
3.11 ท่อ 1 นิ้ว ยาว 50 เซนติเมตรนำมาสวมกับข้อต่อที่เป็นทางน้ำออกสำหรับเปลี่ยน	39
3.12 เปิดน้ำใสในบ่อให้สูงจากพื้นบ่อประมาณ 20 เซนติเมตร เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับเลี้ยงปลาตก.....	40
3.13 นำปลาตกพันธุ์สีชมพูซึ่งเป็นปลาตกพันธุ์ที่มีขายตามร้านเกษตร และเลี้ยงกันทั่วไปในท้องถิ่นอายุประมาณ 1 เดือน มาจำนวน 100 ตัว ใส่ลงไปแต่ละบ่อๆ ละ 50 ตัว	41
3.14 บ่อทดลองจะให้อาหารสำเร็จรูปและซีเค้ก วันละ 3 ครั้ง คือ ตอนเช้า ตอนเที่ยงและเย็น ส่วนบ่อควบคุมให้อาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว.....	41
3.15 ชั่งน้ำหนักของปลาตกแต่ละบ่อ หาค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปลาตกแต่ละตัวซึ่งเป็นน้ำหนักก่อนทดลองเลี้ยงเพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาตกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียวกับปลาตกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปกับซีเค้ก.....	42
3.16 เมื่อครบ 1 สัปดาห์ที่ ชั่งน้ำหนักของปลาตกเพื่อหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปลาตกแต่ละตัว	42
3.17 ซีเค้กในสัปดาห์แรกจะไม่มีเปลี่ยนแปลงสภาพ.....	43
3.18 ซีเค้กที่เก็บไว้ในระยะเวลา 8 และ 10 วันที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพ.....	43
3.19 นำซีเค้กไปเลี้ยงแพะและสังเกตการกินของแพะ.....	44

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจ เมื่อนำผลปาล์มไปผ่านการสกัดเป็นน้ำมันปาล์ม จะเป็นน้ำมันที่มีคุณประโยชน์มากมาย ไม่ว่าจะเป็นคุณประโยชน์ในด้านสารอาหารซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันหลายชนิด อุดมด้วยวิตามินอี และวิตามินเอ อีกทั้งยังสามารถเป็นวัตถุดิบหรือสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูป อุตสาหกรรมบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อุตสาหกรรมที่ใช้โอเลฟินเป็นวัตถุดิบ และอุตสาหกรรมการผลิตไบโอดีเซล เป็นต้น ปาล์มน้ำมันปลูกได้เพียงประมาณร้อยละ 42 ประเทศทั่วโลกเท่านั้น เนื่องจากพื้นที่เหมาะสมปลูกปาล์มน้ำมันจะอยู่ระหว่าง เส้นรุ้งที่ 10 เหนือ-ใต้เส้นศูนย์สูตร หรือไม่เกินเส้นรุ้งที่ 20 เหนือ-ใต้เส้นศูนย์สูตร จึงทำให้ประเทศในอาเซียนโดยอย่างยิ่งมาเลเซียและอินโดนีเซีย กลายเป็นแหล่งผลิตปาล์มน้ำมันหลักของโลก โดยประเทศไทยก็เป็นหนึ่งในประเทศที่อยู่บริเวณที่เหมาะสมสำหรับปลูกปาล์มน้ำมัน อยู่ตรงจุดที่ได้เปรียบและสามารถปลูกได้ดีเช่นกัน (ศูนย์ศึกษาการค้าระหว่างประเทศ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2559)

สำหรับการปลูกปาล์มน้ำมันในภาคใต้ เริ่มเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2511 ในพื้นที่จังหวัดสตูลและจังหวัดกระบี่ การปลูกและอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันได้พัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี พ.ศ. 2544 การปลูกปาล์มน้ำมันได้กระจายไปหลายจังหวัดในพื้นที่ภาคใต้ คาดว่ามีพื้นที่ปลูกกว่า 1.8 ล้านไร่ โดยเป็นปาล์มที่ให้ผลผลิตแล้วประมาณ 1.3 ล้านไร่ คิดเป็นผลผลิตทะลายปาล์มสดประมาณ 3.7 ล้านตัน ส่งผลให้ภาคใต้จัดเป็นภาคที่ผลิตน้ำมันปาล์มมากที่สุด บริเวณพื้นที่ที่ปลูกมากที่สุด คือจังหวัดกระบี่ สุราษฎร์ธานี ชุมพร สตูลและจังหวัดตรัง จังหวัดกระบี่เป็นจังหวัดที่ปลูกมากที่สุดจำนวน 537,637 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 39.40 และรองลงมา ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 405,213 ไร่ และจังหวัดชุมพร จำนวน 216,798 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 29.70 และ 15.89 ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขต 8 จังหวัดสุราษฎร์ธานี) ในจังหวัดนครศรีธรรมราชก็มีการปลูกปาล์มน้ำมันกันอย่างแพร่หลาย โดยนายเสรีย์ แบนคง เกษตรจังหวัดนครศรีธรรมราชได้กล่าวในที่ประชุมเกี่ยวกับการแก้ปัญหาผลผลิตทางการเกษตรตกต่ำเมื่อวันที่ 7 พฤษภาคม 2558 ว่า จากการขึ้นทะเบียนเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันทั้ง 23 อำเภอของจังหวัด มีจำนวน 27,308 ครัวเรือน มีพื้นที่ปลูกทั้งสิ้น 370,460 ไร่ มีพื้นที่ให้ผลผลิต 332,538 ไร่ ผลผลิต 992,353 ตัน (สำนักงานจังหวัดนครศรีธรรมราช, 2559)

เมื่อมีการทึบน้ำมันจากเมล็ดปาล์มออกไปก็จะเหลือกากปาล์ม ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม กากปาล์มน้ำมันที่พบในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ กากผลปาล์ม และกากเมล็ดปาล์ม กากผลปาล์มเป็นผลพลอยได้จากการนำปาล์มทั้งผลมาสกัดน้ำมัน ส่วนกากเมล็ดปาล์มเป็นผลพลอยได้จาก การนำเมล็ดปาล์ม ซึ่งแยกเอาส่วนของเปลือกนอกออกแล้วมาสกัดน้ำมัน

คุณสมบัติของกากปาล์ม

- กากผลปาล์มหรือขี้เค้ก มีโปรตีนค่อนข้างต่ำ ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ แต่มีเยื่อใยสูง ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์
- กากเมล็ดปาล์ม ซึ่งมีส่วนประกอบของกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม มีโปรตีนสูงประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ และมีเยื่อใยประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์

เกษตรกรบางรายได้ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นมาประยุกต์หาวิธีการลดต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์ โดยนำ กากปาล์มที่เหลือจากการผลิตน้ำมันปาล์ม ที่เกษตรกรในท้องถิ่นของจังหวัดนครศรีธรรมราช เรียกว่า “ขี้เค้ก” โดยจะซื้อมาจากโรงงานในราคาถูกเพียงตันละ 30 บาท มาใช้ในการเลี้ยงวัว แพะ ปลานิล เป็นต้น เพื่อลดต้นทุนทุกการเลี้ยงสัตว์ของอาหารสำเร็จรูปที่มีราคาสูง โดยใช้เสริมจากอาหารสำเร็จรูปและอาหารชนิดอื่นๆ เพราะขี้เค้กมีโปรตีนค่อนข้างต่ำประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาจากเอกสารต่างๆ และการสัมภาษณ์จากเกษตรกรในท้องถิ่นที่เลี้ยงสัตว์ โดยการนำขี้เค้กมาเป็นอาหารในการเลี้ยง ทางคณะผู้จัดทำโครงการวิจัย โรงเรียนสิชลคุณาธารวิทยา จึงสนใจจะศึกษาการเพิ่มโปรตีนในขี้เค้กที่เกษตรกรใช้ในการเลี้ยงสัตว์ และหาระยะเวลาในการเพิ่มปริมาณโปรตีนของขี้เค้กในการทำให้เกิดปริมาณโปรตีนสูงที่สุด ซึ่งการเพิ่มโปรตีนจะใช้วิธีการหมักด้วยยีสต์และยูเรีย ทั้งนี้เพื่อเกษตรกรจะได้ใช้วัตถุดิบที่มีราคาถูกให้เกิดประโยชน์สูงสุด ถ้าสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนในระดับที่สามารถใช้ทดแทนอาหารสำเร็จรูปได้ ก็จะสามารถช่วยลดต้นทุนการเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรในอนาคตได้ อีกทั้งเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนา แปรรูปวัตถุดิบธรรมชาติราคาถูกให้มีราคาสูงขึ้น และลดปริมาณการใช้อาหารสำเร็จรูป ซึ่งเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของผู้บริโภคเนื้อสัตว์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเพิ่มระดับโปรตีนในขี้เค้กที่เกิดจากการหมักยีสต์และยูเรียในระยะเวลาต่างๆ ดังนี้ ระยะเวลา 1 สัปดาห์, 2 สัปดาห์, 3 สัปดาห์, 4 สัปดาห์ และระยะเวลา 5 สัปดาห์
- 1.2.2 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาตู้ที่เลี้ยงด้วยขี้เค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรีย กับอาหารสำเร็จรูปอัตราส่วน 50 : 50 กับปลาตู้ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพขี้เค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรีย ของขี้เค้กที่หมักระยะเวลา 1 สัปดาห์, 2 สัปดาห์, 3 สัปดาห์ และระยะเวลา 4 สัปดาห์
- 1.2.4 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อการนำขี้เค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรียไปใช้เป็นอาหารแพะเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ณ บ้านปลายทอน ตำบลทุ่งปรัง อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช

1.3 สมมติฐานงานวิจัย

- 1.3.1 ชี้เค้กที่หมักด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกันจะมีปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกัน
- 1.3.2 ปลาตุกที่เลี้ยงด้วยชี้เค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรียร่วมกับอาหารสำเร็จรูปอัตราส่วน 50 : 50 มีการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับปลาตุกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว
- 1.3.3 ชี้เค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรียแต่ละระยะที่ทำการศึกษามีการเปลี่ยนแปลงสภาพเมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์
- 1.3.4 เกษตรกรมีความพึงพอใจในระดับมากเมื่อนำชี้เค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรียไปทดลองใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงแพะ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ทราบระดับโปรตีนของชี้เค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรียในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ
- 1.4.2 เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ยืนยันปริมาณโปรตีนในชี้เค้กที่ผ่านการหมัก
- 1.4.3 สามารถนำชี้เค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรียมาทดลองเลี้ยงปลาตุก
- 1.4.4 สามารถนำชี้เค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรียไปให้เกษตรกรทดลองเลี้ยงแพะ
- 1.4.5 สามารถเพิ่มคุณภาพกากปาล์มหรือชี้เค้กซึ่งเป็นผลผลิตพลอยได้จากการหีบน้ำมันปาล์มให้มีคุณภาพที่สามารถนำไปใช้เป็นอาหารหลักในการเลี้ยงสัตว์

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.5.1 วิธีการวิจัย เป็นการวิจัยแบบทดลอง
- 1.5.2 ตัวแปรที่ศึกษา
 - ก. ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ คือ ชี้เค้กที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์และยูเรีย
 - ข. ตัวแปรตาม คือ
 - 1) ปริมาณโปรตีนในชี้เค้กที่หมักด้วยยีสต์และยูเรียในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ
 - 2) การเจริญเติบโตของปลาตุก
 - 3) ระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงสภาพของชี้เค้ก
 - 4) ความพึงพอใจของเกษตรกรที่นำชี้เค้กไปใช้ในการเลี้ยงแพะ
 - ค. ตัวแปรควบคุม คือ วิธีการหมัก สภาพแวดล้อมของพื้นที่ที่ใช้ในการหมัก

1.6 นิยามเชิงปฏิบัติการ

- 1.6.1 ชี้เค้ก หมายถึง กากผลปาล์มที่ได้จากการนำปาล์มทั้งผล (เปลือกแข็งและเนื้อในเมล็ดปาล์ม) มาสกัดเอาน้ำมันออก ชี้เค้กเป็นผลิตภัณฑ์เหลือใช้ของโรงงานปาล์มน้ำมัน ซึ่งมีราคาถูกตันละ 30 บาท
- 1.6.2 ชี้เค้ก Adding Protein หมายถึง ชี้เค้กที่ผ่านกระบวนการหมักด้วยยีสและยูเรีย ทำให้ระดับโปรตีนในชี้เค้กมีปริมาณสูงขึ้นภายหลังการหมักในระยะเวลาต่าง ๆ
- 1.6.3 ปริมาณโปรตีน หมายถึง ปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งเป็นพอลิเมอร์สายยาวของ กรดอะมิโนที่มีอยู่ในชี้เค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรีย
- 1.6.4 การไทเทรต หมายถึง วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณ (Quantitative Analysis) ใช้ในการ หาปริมาณของสารละลายมาตรฐาน (สารละลายที่เราทราบความเข้มข้นที่แน่นอนแล้ว) ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายอื่นซึ่งทราบปริมาณแต่ยังไม่ทราบความเข้มข้น เพื่อนำ ค่าปริมาตรที่ได้มาคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายอื่นนั้นด้วย
- 1.6.5 การหมักชี้เค้กระยะเวลาต่าง ๆ หมายถึง การหมักด้วยยีสและยูเรียเพื่อเพิ่มระดับโปรตีนในชี้เค้ก ในระยะเวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 สัปดาห์
- 1.6.6 การเปลี่ยนสภาพของชี้เค้ก หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสภาพของชี้เค้กภายหลังจากการหมักชี้เค้กในระยะเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ มีการเปลี่ยนแปลงสภาพไปจากเดิม ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสี การเปลี่ยนแปลงกลิ่น ซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์
- 1.6.7 ความพึงพอใจของเกษตรกร หมายถึง ความคิดเห็นของเกษตรกรที่นำชี้เค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรียไปทดลองใช้เลี้ยงแพะ

1.7 สถานที่ทำการวิจัย

เขตพื้นที่ของโรงเรียนสิชลคุณธารวิทยา เป็นพื้นที่ที่ห่างจากอาคารเรียนประมาณ 500 เมตร ซึ่งเป็นพื้นที่ใกล้กับบ้านพักครูที่ร่วมทำวิจัยซึ่งง่ายต่อการดูแลและดำเนินการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

การทำโครงการวิจัยเรื่อง ชี้เค้ก Adding Protein ซึ่งเป็นการศึกษาเปรียบเทียบระดับของโปรตีนที่เพิ่มในชี้เค้กที่หมักด้วยยีสต์และยูเรียในระยะเวลาที่ต่างกัน เพื่อนำไปใช้เลี้ยงปลาตู้ และศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรที่เลี้ยงแพะในการนำชี้เค้กไปใช้ และหาสูตรอาหารเพื่อใช้ในการเลี้ยงปลาตู้และเลี้ยงแพะนั้น คณะผู้วิจัยโรงเรียนสิชลคุณธารวิทยา อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลแบบปฐมภูมิ คือ การสัมภาษณ์ผู้ที่มีความรู้เฉพาะด้าน และการศึกษาข้อมูลแบบทุติยภูมิ ได้แก่ หนังสือ อินเทอร์เน็ต งานวิจัยต่าง ๆ (Janice VanCleave, 2553) มาสรุปไว้ในเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานดังนี้

- 2.1 การทำการเกษตรและปัญหาของเกษตรกรในท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช
- 2.2 ประเภทของกากปาล์ม
- 2.3 การเพิ่มปริมาณโปรตีนโดยการหมักยีสต์และยูเรีย
- 2.4 การหาปริมาณโปรตีน
- 2.5 การบูดเน่าหรือการเปลี่ยนแปลงสภาพ
- 2.6 การเลี้ยงปลานิล
- 2.7 การเลี้ยงปลาตู้
- 2.8 แบบสอบถาม แบบสังเกต และแบบสัมภาษณ์
- 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทำการเกษตรและปัญหาของเกษตรกรในท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช

จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นจังหวัดที่มีขนาดใหญ่สุดของภาคใต้ ไม่ว่านับจากจำนวนอำเภอที่มีมากถึง 23 อำเภอ หรือนับจากจำนวนประชากรที่มีมากถึง 1.6 ล้านคน ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ซึ่งมีความหลากหลายทั้งสวนยางพารา ปาล์มน้ำมัน นาข้าว พืชไร่ พืชผัก ไม้ผลนานาชนิด การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การทำประมง การเลี้ยงปศุสัตว์ และอื่น ๆ

นครศรีธรรมราชมีวิสัยทัศน์จังหวัดว่า “นครแห่งการเรียนรู้ เกษตรท่องเที่ยว นวัตกรรม ชุมชนเข้มแข็ง” และโดยเฉพาะมิติของการพัฒนาทางการเกษตร ซึ่งเป็นรายได้หลักของจังหวัด และเป็นอาชีพของคนส่วนใหญ่ ไม่ว่ารัฐบาล ราชการส่วนกลาง ราชการส่วนภูมิภาค หรือท้องถิ่น ก็ได้ให้ความสำคัญกับเรื่องการพัฒนาอาชีพการเกษตรอย่างต่อเนื่องตลอดมา (นิพนธ์ สุขสะอาด รายงานพิเศษเมื่อวันที่ 21 สิงหาคม 2558)

จากการที่นักเรียนและครูผู้ทำโครงการวิจัย ได้ไปสัมภาษณ์เกษตรกรทั้งนักเรียนไปสัมภาษณ์เกษตรกรที่อยู่ใกล้บ้าน ครูไปสัมภาษณ์เกษตรกรที่อยู่ใกล้บ้าน และการไปสัมภาษณ์เกษตรกรที่อยู่ใกล้โรงเรียนเป็นคณะเกี่ยวกับการทำการเกษตรและปัญหาของเกษตรกรในท้องถิ่น ทำให้ได้รับทราบข้อมูลและปัญหาต่าง ๆ เกี่ยวกับการประกอบอาชีพเกษตรกรรม ดังนี้

นางสาวกัญจพร กัมแสง นักเรียนผู้ร่วมทำงานวิจัยได้สัมภาษณ์นายชาย คือ นายสมคิด กัมแสง ซึ่งอาศัยอยู่บ้านเลขที่ 48/1 หมู่ 2 ตำบลสีชล อำเภอสีชล จังหวัดนครศรีธรรมราช อายุ 40 ปี ประกอบอาชีพ รับราชการเป็นสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลสีชล และอาชีพเสริมคือเป็นเกษตรกรสวนปาล์ม นายสมคิด กัมแสง ได้กล่าวว่าเขามีสวนปาล์มจำนวน 2 ไร่ โดยบ้านของนายสมคิด กัมแสง อยู่ใกล้กับกับโรงงานปาล์มจึงสะดวกต่อการนำไปขาย สำหรับต้นทุนในการทำสวนปาล์มจะใช้ต้นทุนในการผลิตจำนวนมาก มีทั้งค่าปุ๋ยที่ต้องใส่ในทุกๆ เดือน และค่าจ้างในการกำจัดวัชพืชบริเวณโคนของต้นปาล์มและภายในสวน หากราคาปาล์มต่ำก็จะขาดทุนแต่หากราคาปาล์มดีก็ได้กำไรแต่ก็ไม่มากนักเพราะปุ๋ยมีราคาแพง และเมื่อนำปาล์มไปขายให้โรงงานก็จะทำการกลั่นน้ำมันและจะเหลือกากปาล์มหรือที่เรียกว่าขี้เค้ก โดยนายสมคิดกล่าวว่า หากชาวบ้านไม่มาซื้อเพื่อนำไปให้โคก็จะเหลือทำให้ส่งกลิ่นเหม็นมายังบ้านของเขา และบริเวณใกล้เคียง (สัมภาษณ์ เมื่อวันที่ 29 มีนาคม 2559)

คุณครูอดิศักดิ์ บุญพิศ ครูผู้ร่วมทำโครงการงานวิจัยซึ่งมีบ้านอยู่ในตำบลท่าศาลา อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้ทำการสัมภาษณ์ นายกิตติศักดิ์ อาเก (ลุงฉุน) ซึ่งอาศัยอยู่ที่หมู่บ้านสระบัว ตำบลท่าศาลา อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช ลุงฉุนเป็นเกษตรกรที่เลี้ยงปลานิล ได้กล่าวว่า ลุงได้เลี้ยงปลานิลและปลาดุกในบ่อดิน โดยให้อาหารที่มีส่วนผสมของขี้เค้กหัวกุ้งและรำข้าว นำมารวมกันเป็นสูตรอาหารที่ซึ่งเป็นอาหารหลัก ซึ่งการให้อาหารปลานิลนั้นจะให้วันละ 2 เวลา ในเวลาเช้าและเย็น ส่วนสูตรการทำอาหารปลานิลนั้นลุงฉุนได้ให้ออกสูตรอาหารปลานิล ว่าเป็นการนำขี้เค้กผสมหัวกุ้งและรำข้าวในอัตราส่วน 2:1:1 จากนั้นนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด แล้วนำไปตากแห้ง จะได้อาหารปลาที่เป็นก้อนและลอยน้ำได้ ทำให้ปลากินได้สะดวก และอาหารไม่จมและไม่ทำให้อาหารเน่าเสียด้วย (สัมภาษณ์เมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2559)

นอกจากนี้ทางคณะผู้วิจัยโรงเรียนสิชลคุณาธารวิทยา ได้ไปดูงานและสัมภาษณ์เกษตรกร ซึ่งอาศัยอยู่ใกล้กับโรงเรียนสิชลคุณาธารวิทยา จังหวัดนครศรีธรรมราช คือนายมุตสรินทร์ โต๊ะเต็น หรือบังปาวซึ่งอาศัยอยู่บ้านเลขที่ 84 หมู่ 7 ตำบลทุ่งปรัง อำเภอสีชล จังหวัดนครศรีธรรมราช บังปาวมีอาชีพเกษตรกร ซึ่งทำการเกษตรแบบผสมผสาน คือทำสวนปาล์ม เลี้ยงวัวและแพะซึ่งมีแพะ 60 ตัว (คิดเฉพาะแม่พันธุ์กับพ่อพันธุ์ขณะนั้น) เลี้ยงวัว 6 ตัว (คิดเฉพาะแม่พันธุ์กับพ่อพันธุ์ขณะนั้น) การเลี้ยงทั้งวัวและแพะจะมีคอกมีลักษณะมีรั้วรอบขอบชิด มีบริเวณคอกที่ชัดเจน แพะจะมีที่นอนยกสูงจากพื้นดิน การให้อาหารนั้น วัวจะให้กินหญ้าสดเป็นหญ้าเนเปียร์ซึ่งปลูกเองหญ้าแห้ง และก็อีกอย่างหนึ่งที่ทำให้เสริมและขาดไม่ได้ คือขี้เค้ก สำหรับการเลี้ยงแพะก็เช่นเดียวกันนอกจากจะให้กินอาหารสำเร็จรูป กากถั่วเหลือง และหญ้าต่าง ๆ ก็ยังให้กินขี้เค้ก โดยใส่ไว้ในภาชนะใส่อาหารไว้ในคอกตลอดเวลา

สำหรับขี้เค้กนั้นนายมุตสรินทร์ โต๊ะเต็น บอกว่าให้กินนานแล้วตั้งแต่เริ่มเลี้ยง โดยซื้อมาจากโรงงานในราคาตันละ (1000 กิโลกรัม) 30 บาท ซึ่งจริงๆ แล้วเป็นผลผลิตเหลือใช้ที่ได้จากการหีบน้ำมันของโรงงานที่เกษตรกรได้นำปาล์มไปขายนั่นเอง ทำให้โรงงานขายกลับมาในราคาถูก และสามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์เสริมกับอาหารอื่นได้ ข้อเสียของขี้เค้กอย่างหนึ่งคือ หากตั้งไว้นานจะเน่าเสียง่าย แต่ของดีคือสามารถลดค่าอาหารของเกษตรกรได้ประมาณ 20% เมื่อใช้ขี้เค้กร่วมกับอาหารอื่นในการเลี้ยงวัวและเลี้ยงแพะ (สัมภาษณ์เมื่อวันที่ 8 มีนาคม 2559)

จากการศึกษาข้อมูลการสัมภาษณ์เกษตรกรในท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราชตามข้อมูลข้างต้น พบว่า ปัญหาที่สำคัญของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคและปลา มีปัญหาต่อการซื้ออาหารสำเร็จรูปที่มีราคาสูง ทำให้ขาดทุนและได้กำไรน้อยลง ส่วนปัญหาอีกอย่างหนึ่งคือ โรงงานที่แปรรูปปาล์มน้ำมันในท้องถิ่น เมื่อได้กากปาล์มซึ่งมีราคาถูก ถ้าไม่นำไปใช้ประโยชน์ จะทำให้เกิดการเน่าเสียก่อเกิดเป็นสิ่งแวดล้อมทางอากาศต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน เช่น ชี้เค้ก เป็นกากปาล์มที่เหลือจากการกลั่นน้ำมัน เมื่อเก็บไว้นานจะส่งผลให้มูกลิ้นเหม็น แต่อีกด้านหนึ่งเราจะพบว่ามีเกษตรกรหลายรายที่ได้นำกากปาล์มหรือชี้เค้กไปใช้เลี้ยงสัตว์ ทำให้ลดต้นทุนการผลิต ซึ่งจากข้อมูลการสัมภาษณ์ทำให้คณะผู้วิจัยโรงเรียนสิชลคุณธารวิทยามีความสนใจในผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นที่เหลือใช้และราคาถูก ซึ่งได้จากการบีบน้ำมันปาล์ม ที่ชาวบ้านเรียกว่า ชี้เค้ก เป็นอย่างมาก ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเรื่องกากปาล์มต่อเพื่อหาวิธีที่จะเพิ่มคุณค่าทางอาหาร และสามารถนำไปเป็นอาหารหลักในการใช้เลี้ยงสัตว์ได้ก็เป็นเรื่องที่น่าสนใจและเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

2.2 ประเภทของกากปาล์ม

จากการศึกษามีการแบ่งกากปาล์มเป็นหลายประเภท ดังนี้

บริษัท พี.ซี เกษตรเซ็นทรัล จำกัด ผู้จำหน่ายกากเมล็ดในปาล์ม ได้กล่าวเกี่ยวกับกากปาล์มว่า **กากปาล์มน้ำมัน (Oil palm meal)** เป็นผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม กากปาล์มน้ำมันที่พบในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ 1.กากผลปาล์ม และ 2. กากเมล็ดปาล์ม กากผลปาล์มเป็นผลพลอยได้จากการนำปาล์มทั้งผลมาสกัดน้ำมันส่วนกากเมล็ดปาล์มเป็นผลพลอยได้จากการนำเมล็ดปาล์ม ซึ่งแยกเอาส่วนของเปลือกนอกออกแล้วมาสกัดน้ำมัน

คุณสมบัติของกากปาล์ม

- กากผลปาล์ม มีโปรตีนค่อนข้างต่ำ ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ แต่มีเยื่อใยสูงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์
- กากเมล็ดปาล์ม ซึ่งมีส่วนประกอบของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มและส่วนที่เป็นกะลาปนกัน มีโปรตีนประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ และมีเยื่อใยประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์

ข้อจำกัดในการใช้

- กากผลปาล์มมีเยื่อใยสูงมาก ไม่เหมาะที่จะใช้เป็นวัตถุดิบในการประกอบสูตรอาหารสุกรและสัตว์ปีก
- กากเมล็ดปาล์ม มีเยื่อใยสูง เช่นกัน ทำให้ไม่สามารถใช้ได้ในระดับสูงในสูตรอาหารสัตว์



นอกจากนี้ข้อมูลที่นักเรียนผู้ร่วมทำโครงการค้นคว้ามา พบว่ามีการแบ่งกากปาล์ม ดังนี้

1. กากปาล์มเนื้อเบา คือ เนื้อในของปาล์มเพียงอย่างเดียว กากเนื้อเบามีคุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้
 - มีโปรตีน 15.79%
 - มีกาก(Fiber) 11.23%
 - มีไขมัน(FAT) 2.85%

2. กากปาล์มทั้งเมล็ดหรือซีเค้ก
ปาล์มทั้งเมล็ด (ไม่กะเทาะเปลือก) กากปาล์มชนิดนี้มีโปรตีนต่ำ ประมาณ 5-6 มีโภชนะย่อยได้ประมาณ 62-67 และมีเยื่อใยสูงมาก



3. กากรวม

เป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากการหีบผลปาล์มทั้งผล ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการ คือ โปรตีน 7% Min, เยื่อใย 30% Max, ไขมัน 10-15%, และความชื้น 12% Max

ประโยชน์ของกากปาล์ม

กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (oil palm kernel meal) เป็นส่วนเหลือจากการหีบน้ำมันส่วนเนื้อในเมล็ดปาล์ม โดยจะมีโปรตีนสูงประมาณ 10-20% คาร์โบไฮเดรตประมาณ 40-50% เยื่อใยประมาณ 20-27% และมีไขมันประมาณ 10% ซึ่งมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าแต่มีราคาแพง

ส่วนกากปาล์มน้ำมัน (Oil palm) ที่เป็นส่วนเหลือจากการหีบน้ำมันผลปาล์มทั้งผล ชาวบ้านในท้องถิ่นจะเรียกว่า ซีเค้ก จะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนค่อนข้างต่ำประมาณ 7% แต่เยื่อใยสูงประมาณ 30% ไขมันประมาณ 13 % และความชื้น 8.5% ราคาจะถูกมาก

นอกจากนั้น กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันยังมีธาตุอาหาร และกรดอะมิโนต่างๆ อีกมากมายที่มีความสำคัญและมีความสมดุล ยกตัวอย่างเช่นมีความสมดุลระหว่างแคลเซียมและฟอสฟอรัสมากกว่าในกากเมล็ดพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปผสมในวัตถุดิบอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์ชนิดต่างๆ เช่น แพะ โค สุกร ไก่ และสัตว์น้ำโดยเฉพาะปลานิล ปลานิลแดงแปลงเพศ

จะเห็นได้ว่ากากปาล์มสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำมาใช้ในการผลิตอาหารปลา หรืออาหารสัตว์น้ำ และสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์บก เช่น เป็ด ไก่ วัวและแพะได้ สิ่งสำคัญประการแรกของการนำวัตถุดิบอาหารสัตว์มาผลิตเป็นอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ด

หรืออาหารผสม คือ ต้องทราบถึงลักษณะวัตถุดิบของอาหารที่มีคุณภาพ รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ ซึ่งได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย เกล็ด เซียม ฟอสฟอรัส วิตามิน เกลือแร่ กรดอะมิโน และกรดไขมัน เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลพิจารณาเลือกใช้นิเวศวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เหมาะสมกับสัตว์แต่ละชนิด (ระบบจัดการองค์ความรู้มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2559)

เว็บไซต์ http://elearning.nsruc.ac.th/web_elearning/animal/lesson2_6.php ซึ่งเป็นเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ได้พูดถึงกากปาล์มว่าเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการสกัดน้ำมันจากเมล็ดปาล์ม น้ำมัน กากปาล์มที่ใช้ควรจะเป็นชนิดกะเทาะเปลือกซึ่งมีโปรตีนประมาณ 14-16 เปอร์เซ็นต์ และยังมีไขมันเหลืออยู่ประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ และมีกากหรือเยื่อใย 14-15 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้ในอาหารสุกรและไก่ได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร แต่ที่เหมาะสมในการใช้คือระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ เพราะใช้มากจะทำให้เนื้ออาหารมีลักษณะฟาม สัตว์จะกินอาหารได้น้อยลง ส่วนวัวนมสามารถใช้ได้ถึง 8 เปอร์เซ็นต์ โดยทำให้เพิ่มทั้งปริมาณน้ำนมและไขมันในน้ำนม

จากการศึกษาจากการสัมภาษณ์และจากข้อมูลต่างที่พวกเราได้เรียบเรียงไว้ พบว่ากากปาล์มทั้งเมล็ด (เปลือกแข็งกับเนื้อใน) หรือที่ชาวบ้านทั่วไปเรียกว่า ชี้เค็ก เป็นวัตถุดิบเหลือใช้ราคาถูก ลักษณะเนื้อจะละเอียด มีความชื้นพอเหมาะ(เห็นจากการศึกษาดูงานบ้านนายมุดศรีอินทร์ โต๊ะเต็นเกษตร ซึ่งอาศัยอยู่ใกล้กับโรงเรียนสิชลคุณธารวิทยา จังหวัดนครศรีธรรมราช) ทางคณะผู้ทำวิจัยคิดว่าชี้เค็กมีสถานะที่เหมาะสมสำหรับนำไปหมักเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนได้ ถ้าสามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหารชี้เค็ก โดยเฉพาะการเพิ่มปริมาณโปรตีนในระดับที่ใช้เป็นอาหารหลักได้นั้น จะทำให้ชี้เค็กซึ่งเป็นของเหลือที่มีราคาถูกก็สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีคุณค่าและช่วยลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรได้ เพราะโปรตีนเป็นสารอาหารที่ช่วยให้สัตว์เจริญเติบโต ดังนั้นเราจึงทำการศึกษาระบวนการหมักเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนในชี้เค็กให้ได้ตามที่เราได้ตั้งเป้าหมายไว้



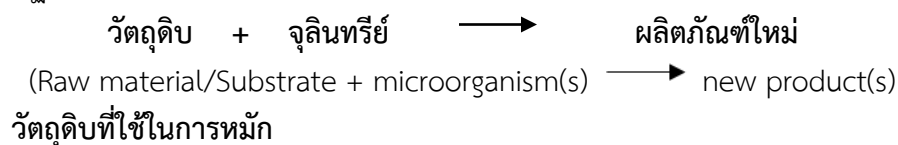
ภาพที่ 2.1 การศึกษาดูงานชี้เค็กหลังสอบปลายภาค บ้านนายมุดศรีอินทร์ โต๊ะเต็น วันที่ 8 มีนาคม 59

2.3 การเพิ่มปริมาณโปรตีนโดยการหมักยีสต์และยูเรีย

2.3.1 การหมักและการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์

การหมัก (fermentation) มาจากคำว่า “fervere” หมายถึง การเดือด ซึ่งคำนี้เกิดขึ้นมาจากการที่ฟองก๊าซผุดขึ้นมาที่ผิวหาอาหารระหว่างการหมักแอลกอฮอล์ ทำให้มองดูเหมือนลักษณะการเดือด (Riviere, 1977) บทนิยามของคำว่าหมักนี้ยังรวมไปถึงปฏิกิริยาการออกซิเดชัน-รีดักชัน (Oxidation-reduction) ที่เกิดขึ้นในระหว่างการใช้สารประกอบอินทรีย์เพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงาน ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักขึ้นและสะสมอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ (medium) ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลายชนิดมาจากกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ของน้ำตาล

ภายใต้ภาวะที่เหมาะสมจุลินทรีย์จะสร้างสารต่างๆ ได้ในปริมาณมาก สารต่างๆ ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นนี้บางชนิดสามารถใช้เป็นสารตั้งต้น (precursor) ในการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ ใช้เป็นตัวทำละลาย (solvent) หรือใช้ประโยชน์อื่นๆ การใช้วัตถุดิบและการเปลี่ยนวัตถุดิบไปเป็นผลิตภัณฑ์ตัวใหม่โดยจุลินทรีย์สามารถเขียนเป็นปฏิกิริยาทั่วไปได้ดังนี้



จุลินทรีย์ก็เหมือนกับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่ต้องการน้ำและอาหารในการเจริญเติบโต ปัจจัยที่สำคัญในการเลือกวัตถุดิบที่จำเป็นต่อกระบวนการผลิตของจุลินทรีย์ก็คือแหล่งคาร์บอน ในทางทฤษฎีแหล่งคาร์บอนมีอยู่มากมาย เช่น ถ่านหิน ปีโตรเลียม ลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) แป้ง น้ำตาล กรดอินทรีย์ หรือแม้แต่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แหล่งคาร์บอนเหล่านี้มีบางชนิดที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบได้ นอกจากนี้ผลผลิตจากพืชและสัตว์ก็เป็นแหล่งคาร์บอนที่สำคัญ ซึ่งจุลินทรีย์สามารถนำมาใช้ในกระบวนการการผลิตได้ ตัวอย่างที่เรารู้จักกันดี ได้แก่ แอลกอฮอล์จากเมล็ดพืชและการผลิตเนยแข็งจากนม เป็นต้น แม้ว่าผลผลิตทางการเกษตรจะมีเพียง 6% ของผลผลิตทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง (โดยป่าไม้จะเป็นผลผลิตของโลกที่มีมากที่สุดคือ 44%) แต่ผลผลิตเหล่านี้มีความสำคัญในการเป็นแหล่งอาหารสำหรับมนุษย์และสัตว์ และเป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับจุลินทรีย์ ข้อดีของผลผลิตทางการเกษตรคือ ปราศจากสารพิษ และมีอยู่เพียงพอที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบของจุลินทรีย์ได้

โดยกากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการการผลิตมากที่สุด เนื่องจากกากน้ำตาลประกอบด้วยน้ำตาลที่ย่อยสลายได้ง่าย และมีสารอาหารต่างๆ ที่จำเป็น ดังนั้น กากน้ำตาลจึงเป็นวัตถุดิบที่มีประโยชน์สำหรับจุลินทรีย์ต่างๆ ในการผลิตน้ำตาลทราย 1 ตัน จะมีกากน้ำตาลประมาณ 300-360 กก. แป้งหรือไซรัป (syrup) ที่ได้จากแป้งก็เป็นแหล่งอาหารสำหรับจุลินทรีย์ นอกจากนี้วัตถุดิบอื่นๆ ก็เป็นแหล่งอาหารที่น่าสนใจ เช่น ผลผลิตจากธัญพืชพวกข้าวโพด ข้าว ข้าวสาลี และอื่นๆ พืชหัวเช่น มันฝรั่งและมันสำปะหลัง มันสำปะหลังสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารที่ดีในการผลิตเอทานอล โปรตีนเซลล์เดียวและผลผลิตอื่นๆ ที่มีประโยชน์ทางเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นการนำผลผลิตทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ได้อีกทางหนึ่ง นอกเหนือจากการใช้เป็นอาหารวัตถุดิบอื่นๆ ที่

สามารถนำไปใช้ได้ เช่น ของเสียจากโรงงานกาแฟ ซึ่งมีอยู่จำนวนมาก โดยจะเป็นแหล่งอาหารที่ดีของยีสต์ ของเสียจากครัวเรือนและจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ อาจใช้เป็นแหล่งอาหารที่ดีของสาหร่าย และแบคทีเรีย เป็นต้น

แหล่งคาร์บอนที่พบมากและมีความสำคัญ คือ เซลลูโลส (cellulose) ซึ่งมาจากผลผลิตทางการเกษตรและป่าไม้ เป็นแหล่งสำคัญในการเป็นเชื้อเพลิงและสารเคมี เซลลูโลสมีองค์ประกอบทางเคมีที่ซับซ้อน ในธรรมชาติจะอยู่ร่วมกับลิกนิน (lignin) เป็นลิกโนเซลลูโลสที่มีความแข็งแรงและทนทานต่อการย่อยสลาย ลิกโนเซลลูโลสเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่มีมากที่สุด แต่การนำแหล่ง ลิกโนเซลลูโลสมาใช้ในการย่อยสลายค่อนข้างลำบาก จะต้องนำมาผ่านกรรมวิธีที่ยุ่ยยาก เสียค่าใช้จ่ายและพลังงานสูงในการย่อยสลายลิกโนเซลลูโลสเพื่อที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ได้ โดยการใช้สารเคมีหรือเอนไซม์มาย่อยเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาล และนำมาใช้ในกระบวนการหมักให้ได้เอทานอล บิวทานอล อะซิโตน โปรตีนเซลล์เดียว มีเทน และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ซึ่งประเทศที่กำลังศึกษาทดลองการใช้เซลลูโลสเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตโดยจุลินทรีย์ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา สวีเดน อังกฤษ โดยลิกโนเซลลูโลส อาจเป็นแหล่งคาร์บอนที่สำคัญในการพัฒนาทางเทคโนโลยีชีวภาพต่อไปในอนาคต

แหล่งวัตถุดิบต่างๆ เหล่านี้ก่อนจะนำมาใช้ในกระบวนการหมักนั้นจำเป็นต้องผ่านกรรมวิธีต่างๆ เสียก่อนจึงนำไปใช้ได้ โดยการแบ่งประเภทของวัตถุดิบออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. วัตถุดิบที่มีน้ำตาล เช่น อ้อย หัวบีท (beet) กากน้ำตาล น้ำผลไม้ หางนม วัตถุดิบพวกนี้ไม่ต้องนำมาผ่านกรรมวิธีต่างๆ เพียงแต่นำมาทำให้เจือจางและผ่านกระบวนการการฆ่าเชื้อ (sterilization) เท่านั้นก็นำใช้ได้

2. วัตถุดิบที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ เช่น ธัญพืช ข้าว ผัก ของเสียจำพวกของเหลือจากกระบวนการอุตสาหกรรมต่างๆ วัตถุดิบเหล่านี้ต้องนำมาทำการย่อยสลายด้วยกรดหรือเอนไซม์เสียก่อน บางครั้งอาจต้องนำมาแยกเอาบางส่วนที่ไม่ใช่แป้งออกไปด้วย จึงจะนำมาใช้ได้

3. วัตถุดิบที่มีลิกโนเซลลูโลส เช่น ชังข้าวโพด เปลือกข้าวโอ๊ต ฟางข้าว ชานอ้อยขี้เลื่อย ของเสียจากโรงงานกระดาษ ต้องนำมาผ่านกรรมวิธีที่ซับซ้อน โดยการนำมาทำให้มีขนาดเล็กลงเสียก่อนแล้วจึงนำมาย่อยด้วยสารเคมีหรือเอนไซม์ ซึ่งกรรมวิธีนี้สิ้นเปลืองพลังงาน และเสียค่าใช้จ่ายสูง

วัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับกระบวนการการผลิตโดยจุลินทรีย์ในทางอุตสาหกรรมนี้จะต้องมีปริมาณมากและราคาถูก และมีองค์ประกอบที่เหมาะสม ในปัจจุบันวัตถุดิบที่ใช้กันมากและมีคุณค่าทางการค้า ได้แก่ แป้งข้าวโพด เมทานอล เอทานอล กากน้ำตาล และน้ำตาลดิบ นอกจากนี้ก็ได้แก่ ธัญพืชพวกข้าวโพด ข้าว และข้าวสาลี ซึ่งวัตถุดิบเหล่านี้สามารถหาได้ง่ายและมีเพียงพอต่อการนำมาใช้ทดแทนการขาดแคลนอาหารสำหรับมนุษย์และสัตว์

ถึงแม้ว่าจะมีการศึกษาถึงการนำของเสียทางการเกษตรและอุตสาหกรรมมาใช้ในกระบวนการการผลิตทางอุตสาหกรรม แต่มีอุปสรรค คือ ปริมาณของเสียที่ได้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพการผลิตและภูมิประเทศ นอกจากนี้อาจมีสารปนเปื้อนมา หรือมีความเจือจางเกินไป เป็นต้น

ที่จริงนั้นการนำจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์นั้นมีมาตั้งแต่เมื่อ 7000 ปี ก่อนคริสตกาล โดยชาว สุมาเรียนได้นำเอาน้ำตาลมาหมักเป็นแอลกอฮอล์เพื่อให้ได้เบียร์ และเมื่อ 4000 ปี ก่อนคริสตกาล ชาว-อียิปต์ก็รู้จักทำขนมปังให้ฟูโดยใช้เชื้อยีสต์ นอกจากนี้ชนชาวโบราณยังรู้จักใช้แบคทีเรียพวกแลกติกเก็บริกขานมในรูปของนมเปรี้ยว ในปี ค.ศ. 1860 หลุยส์ ปาสเตอร์ นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ค้นพบว่าการหมักภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจนที่เรียกว่า fermentation นั้นเกิดขึ้นโดยเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

โดยหลุยส์ ปาสเตอร์ สรุปว่าการหมักแอลกอฮอล์เกิดขึ้นเนื่องจากการเจริญเติบโตของยีสต์ ซึ่งยีสต์ต้องการแหล่งไนโตรเจนในการเจริญเติบโต แอลกอฮอล์และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นไม่ใช่ผลผลิตเพียงอย่างเดียวที่ได้จากการหมักน้ำตาล โดยส่วนหนึ่งของน้ำตาลจะถูกนำไปใช้สังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตและไขมันสำหรับยีสต์ และการที่ไวน์เปรี้ยวเกิดการเน่าเสียและมีกลิ่นเปรี้ยวขึ้นนั้นเกิดขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของ acetic acid bacteria ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สามารถเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดน้ำส้มได้ ปาสเตอร์ได้พบว่า การให้ความร้อนแก่แอลกอฮอล์ในปริมาณที่เพียงพอจะมีผลในการทำลายจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่อยู่ในไวน์และเบียร์โดยไม่ทำให้รสชาติของไวน์และเบียร์เปลี่ยนแปลงไป กระบวนการให้ความร้อนนี้เรียกว่าการฆ่าเชื้อแบบปาสเตอร์ (Pasteurization) ซึ่งเทคนิคนี้นำมาใช้ในการผลิตสาเกในแถบตะวันออกเป็นเวลากว่า 300 ปี

ในปีค.ศ. 1880 ได้มีการผลิตกรดแลกติก โดยกระบวนการหมักโดยใช้เป็นผงฟูแทนกรดทาทาริก แต่การนำจุลินทรีย์มาเพาะเลี้ยงในปริมาณมากเพื่อผลิตสารต่าง ๆ นั้นได้เริ่มขึ้นในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 1 ซึ่งได้แก่ การผลิตกลีเซอรอล อะซิโตน โดยกระบวนการหมักในประเทศเยอรมนีเพื่อใช้ในโรงงานผลิตระเบิด นอกจากนี้ในประเทศอังกฤษ แคนาดา และสหรัฐอเมริกา ก็มีการผลิตอะซิโตน-บิวทานอล โดยการหมักเชื้อ Clostridium acetobutylicum ซึ่งเริ่มแรกมีการใช้แป้งจากเมล็ดธัญพืชเป็นวัตถุดิบ แต่ต่อมาได้เปลี่ยนมาใช้กากน้ำตาลแทน และในหลายประเทศได้มีการผลิตเอทานอลโดยกระบวนการหมักเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง เป็นต้น (ดุชนิ, 2537)

ดังนั้นสรุปได้ว่า การหมัก (Fermentation) คือ กระบวนการแปลงสภาพทางชีวเคมี เพื่อให้วัตถุดิบเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ของจุลินทรีย์ และในกระบวนการหมักต้องอาศัยสิ่งมีชีวิตซึ่งเรียกว่า จุลินทรีย์ (Microorganisms) ซึ่งมีมากมายหลายชนิด อาศัยอยู่ทั่วไปทั้งในดิน น้ำ อากาศ รวมทั้งในร่างกาย หรือในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เช่น ไวรัส แบคทีเรีย ยีสต์ ฟังไจ เซลล์สัตว์หรือ เซลล์พืช

2.3.2 การเพิ่มโปรตีนโดยการหมักยีสต์และยูเรีย

การผลิตโปรตีนจากจุลินทรีย์ได้เริ่มขึ้นมาประมาณ 25 ปีมาแล้ว โดยโปรตีนที่ผลิตจะเรียกว่าโปรตีนเซลล์เดียว ซึ่งหมายถึงการนำจุลินทรีย์ส่วนใหญ่มาใช้เป็นแหล่งผลิตโปรตีนเซลล์เดียว โดยจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเจริญในลักษณะเป็นเซลล์เดียวหรือเส้นใย มากกว่าจะเจริญเป็นหลายเซลล์ที่ซับซ้อนเหมือนกับสิ่งมีชีวิตพวกพืชและสัตว์ การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวเป็นการผลิตทางเทคโนโลยีชีวภาพซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาในการขาดแคลนโปรตีนของโลก โดยอาจนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารโดยตรงสำหรับมนุษย์ อาหารเสริมสำหรับมนุษย์และสัตว์ หรือเป็นอาหารสัตว์ใช้เลี้ยงสัตว์เพื่อนำสัตว์มาใช้เป็นอาหารมนุษย์ จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตโปรตีนเซลล์เดียว ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ ราและสาหร่าย

ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่รู้จักกันมาตั้งแต่สมัยโบราณถึงกับมีผู้กล่าวว่า ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ชนิดแรกที่มีมนุษย์นำมาใช้ คนไทยรู้จักใช้ประโยชน์จากยีสต์มาเป็นเวลานาน เช่นในการทำอาหารหมักบางชนิด ได้แก่ ข้าวหมาก ปลาแจ่ว เครื่องดองของเมาหลายชนิดเช่น อุ สาโท และกระแช่ เป็นต้น ปัจจุบันมีการนำยีสต์มาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เป็นต้นว่าการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ชนิดต่างๆเช่น เบียร์ ไวน์ และวิสกี้ การผลิตเอทิลแอลกอฮอล์เพื่อใช้เป็นสารเคมี และเชื้อเพลิง การผลิต

เซลล์ยีสต์ เพื่อใช้เป็นยีสต์ขนมปังและเป็นโปรตีนเซลล์เดียว ยีสต์ มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์ได้ โดยหลักการทำงานของยีสต์ หรือ "เบเกอร์ ยีสต์" (Baker yeast) ที่ใส่ให้ขนมปังฟู เนื่องมาจากยีสต์ที่ใส่ลงไปมีการใช้น้ำตาลในแป้งขนมปัง หรือที่เรียกกันว่า "โด" (dough) เป็นอาหาร และระหว่างที่มันกินอาหารมันจะเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน สลายกลูโคสได้ adenosine triphosphate และคายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา และเมื่อเราเอาแป้งไปอบ ก๊าซที่มันคายออกมาก็ฟุ้งขึ้นมาระหว่างเนื้อขนมปังทำให้เกิดรูพรุนฟูขึ้นมา (วิกิพีเดีย, 2559)

ณรงค์ ชัยเลิศ, 2559 ได้กล่าวถึงปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญของยีสต์ ดังนี้

- 1) แหล่งคาร์บอนและพลังงาน ยีสต์ใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งคาร์บอน และแหล่งพลังงานทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนและปราศจากออกซิเจน ยีสต์ส่วนมากจะใช้ fermentable sugar เช่น D-glucose, D-fructose และ D-mannose ได้ดี บางชนิดก็สามารถใช้แป้งได้ เช่น *Endomycopsis fibuligera* บางชนิดก็ใช้ inulin ได้เช่น *Fabospora fragilis* บางชนิดก็ใช้ pentose ได้ เช่น *Candida utilis* นอกจากนี้บางชนิดยังใช้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้
- 2) แหล่งไนโตรเจน ยีสต์ต้องการแหล่งไนโตรเจนเพื่อใช้ในการสร้างโปรตีนของตัวเองแหล่งไนโตรเจนที่ยีสต์นำมาใช้ได้มีหลายอย่าง ยีสต์ทุกชนิดใช้แอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจนได้ ส่วนแอมโมเนียมฟอสเฟต โมโนและไดแอมโมเนียมฟอสเฟต แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต แอมโมเนียมคาร์บอเนต แอมโมเนียมทาร์เตรตและยูเรียนั้น ยีสต์หลายชนิดสามารถใช้ได้ดี ในการผลิตยีสต์เพื่อเป็นอาหารเสริมโปรตีนส่วนมากนิยมใช้สารละลายแอมโมเนียซัลเฟตหรือยูเรีย
- 3) แหล่งฟอสฟอรัส ยีสต์ต้องการแหล่งฟอสฟอรัสเพื่อใช้ในการสร้างพลังงานเซลล์ยีสต์มีความสามารถดูดซึม สารโปแตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟตได้ดีกว่าไดไฮเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตสารอาหารอื่นๆ นั้น ยีสต์ต้องการในปริมาณต่ำ ได้แก่ แร่ธาตุต่าง ๆ เพื่อเป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น แมกนีเซียม โคบอลต์ โมลิบดีนัม ทองแดง และสังกะสี เป็นต้น นอกจากนี้ ยีสต์ยังต้องการ growth factor บางชนิดเช่น ไบ
- 4) โอติน แพนโททีนิกแอซิดอินซิทอล ไทอามีน นิโคลินิกแอซิด ไมรโดกซิน และฟอลิกแอซิด ความเป็นกรด-เบสของอาหาร ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ดีในอาหารที่มีความเป็นกรดมากกว่า จุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ปกติ pH ที่เหมาะสมของยีสต์ทั่วไปอยู่ระหว่าง 4.5-5.5 pH ที่เหมาะสมแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน เช่น *C. utilis* pH ที่เหมาะสมคือ 4.5-5.5 และ *E. Fibuligera* pH ที่เหมาะสมคือ 6.0 เป็นต้น
- 5) อุณหภูมิ ยีสต์ส่วนใหญ่เจริญได้ดีระหว่าง 20 - 30°C แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมของยีสต์แต่ละชนิดจะแตกต่างกันเช่น *E. fibuligera* กับ *Saccharomyces cerevisiae* นำ มาหมักแบบ symba yeast, process ในมันเส้น 5 % โดยใช้อุณหภูมิที่เหมาะสม 35°C

จากการศึกษาการเพิ่มโปรตีนโดยยีสต์ สรุปได้ว่า ยีสต์สามารถเพิ่มโปรตีนได้โดยอาศัยแหล่งไนโตรเจนจากแอมโมเนียต่างๆและยูเรีย โดยจุลินทรีย์ ได้แก่ ยีสต์จะไปเปลี่ยนยูเรียให้เป็นกรดอะมิโน โดยยีสต์จะอาศัยพลังงานจากน้ำตาลหรือกากน้ำตาลรวมถึงเป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อไปผลิตเป็นกรดอะมิโน-โนด้วยส่วนหนึ่ง สาเหตุที่ใช้ยีสต์มาใช้เป็นแหล่งในการสร้างโปรตีน เพราะยีสต์ให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ต่อเวลาสูงกว่าโปรตีนจากแหล่งอื่น ๆ จุลินทรีย์พวกยีสต์สามารถเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ และมีโปรตีนในเซลล์สูง จุลินทรีย์ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นหลายชนิด สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งอาหารเสริมโปรตีนได้ สำหรับวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นแหล่งอาหารในการสร้างโปรตีนเซลล์เดียวที่มีราคาถูก ได้แก่ กากน้ำตาล สามารถใช้ยีสต์เป็นตัวเปลี่ยนและใช้ยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจนเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนได้ (คุษณี, 2537)

2.4 การหาปริมาณโปรตีน

วิธีการหาปริมาณโปรตีน โดยวิธีเจลดาล์ (Kjeldahl method) โดยใช้หลักว่าไนโตรเจนที่มีอยู่ในสารอินทรีย์ส่วนมากมาจากโปรตีน ดังนั้นการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ซึ่งเป็นหลักการของวิธีนี้จึงใช้ได้กับอาหารทุกชนิด เมื่อต้องการคำนวณปริมาณโปรตีน ก็เปลี่ยนค่าของไนโตรเจนอีกครั้งด้วยค่าคงที่คือ Conversion factor หลักการของวิธีนี้คือ ย่อยตัวอย่างด้วยกรดกำมะถันอย่างเข้มข้นที่อุณหภูมิสูงๆ เพื่อให้โปรตีนหรือไนโตรเจนในตัวอย่างเปลี่ยนแปลงมาอยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนียม-ซัลเฟต แล้วใช้สารละลายต่างเข้มข้น เป็นตัวทำปฏิกิริยากับเกล็ดงกล่าวจะเกิดแก๊สแอมโมเนียขึ้น จับแก๊สที่เกิดขึ้นโดยใช้กรดบอริก นำไปไตเตรทกับกรดโดยมีอินดิเคเตอร์เป็นตัวชี้บอก แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณโปรตีน ปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์นี้เป็นค่าประเมินที่เรียกว่า Crude protein

อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาปริมาณโปรตีน

- 1) อุปกรณ์การย่อย
- 2) อุปกรณ์การกลั่น
- 3) อุปกรณ์การไตเตรท

สารเคมีที่ใช้ในการหาปริมาณโปรตีน

- 1) กรดซัลฟูริกเข้มข้น
- 2) สารละลาย NaOH 40%
- 3) สารละลายบอริก 4%
- 4) Catalyst (ตัวเร่งปฏิกิริยา) ประกอบด้วย K_2SO_4 98% และ $CuSO_4$ 2%
- 5) สารละลายอินดิเคเตอร์ เมธิลเรด
- 6) กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 N

วิธีการหาปริมาณโปรตีน

การเตรียมตัวอย่าง

- 1) ชั่งตัวอย่างมาประมาณ 0.5–1.0 กรัม อย่างละเอียดใส่ลงในหลอดย่อย
- 2) ใส่คตะลิสต์ ประมาณ 10 กรัม
- 3) เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ลงไปประมาณ 10–15 มิลลิลิตร แล้วเขย่าเบาๆ

การย่อย

- 1) เปิดเครื่องย่อย แล้วตั้งหลอดย่อยในเครื่อง สวมเครื่องดักจับไอกรดลงบนส่วนบนของหลอดย่อย และเปิด Power ของเครื่องดักจับไอกรด โดยทำการย่อยในตู้ดูดควัน
- 2) กดปุ่ม Start ที่เครื่องย่อย เมื่ออุณหภูมิได้ 420 องศาเซลเซียสแล้ว เครื่องจะทำการย่อยต่อไปอีก 1 ชั่วโมง จนตัวอย่างเป็นสารละลายสีเขียวใส (หากเมื่อครบ 1 ชั่วโมงแล้วยังไม่เป็นสีเขียวใสให้ทำการย่อยต่อ)
- 3) ยกหลอดย่อยออกมาตั้งพักไว้ให้เย็น
- 4) ปิด Power เครื่องย่อย แต่ยังคงเปิดเครื่องดักจับไอกรดไว้เพื่อดักจับไอกรดที่ยังคงเหลืออยู่

การกลั่น

- 1) เปิด Power เครื่องหล่อเย็น แล้วเปิดเครื่องกลั่นทำการล้างระบบด้วยการล้างน้ำกลั่น
- 2) ตวงกรดบอริก 4% จำนวน 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร พร้อมหยดอินดิเคเตอร์ ซึ่งจะช่วยให้กลายเป็นสารละลายสีแดงออกชมพู
- 3) นำหลอดย่อยประกอบเข้ากับเครื่องกลั่น และวางไว้บริเวณ Platform ให้แท่งแก้วจุ่มอยู่ใต้กรดบอริก
- 4) ปิด Safety door ลง เครื่องกลั่นจะทำการกลั่นเป็นเวลาประมาณ 4 นาที
- 5) .เมื่อกลั่นเสร็จแล้ว เอาขวดรูปชมพู่ และหลอดย่อยออกจากเครื่อง
- 6) นำสารละลายในขวดรูปชมพู่ไปไทเทรตกับสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 N จนได้สารละลายเป็นสีชมพูอ่อน
- 7) การคำนวณผลการวิเคราะห์

การตรวจหาปริมาณโปรตีนจะใช้ขั้นตอน 3 ขั้นตอน การย่อย การกลั่น การไทเทรต จากนั้นคำนวณโดยใช้สูตร ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{14 \times (v_1 - v_2) \times \text{Normality of HCL (mol / L)} \times 100}{\text{Weight of Sample (g)} \times 1000}$$

เมื่อ v_1 = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรตตัวอย่าง
 v_2 = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรต blank

เปอร์เซ็นต์โปรตีน = เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน $\times$ conversion factor

เมื่อ Conversion factor = 6.25

2.5 การบูดเน่าหรือการเปลี่ยนแปลงสภาพ

สุดสาย ตริวานิช และ วราภาม หากาญจนกุล ได้กล่าวถึงการบูดเน่าหรือการเปลี่ยนแปลง-สภาพ ว่าอาหารที่เสื่อมคุณภาพ เกิดการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ประกอบด้วย สี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส รูปร่าง ลักษณะที่ปรากฏของอาหาร เป็นต้น การสูญเสียคุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งหรือมากกว่า แสดงว่า อาหารมีการเสื่อมคุณภาพ หรือเน่าเสีย อย่างไรก็ตาม อาหารบางชนิดอาจเป็นที่ยอมรับในการบริโภค โดยไม่จัดเป็นอาหารที่เน่าเสียในบางประเทศ เช่น ปลา ร้า แต่อาจจัดเป็นอาหารที่เน่าเสียได้ในอีกกลุ่มประเทศ หรือ การเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาแบบเดียวกัน เช่น การเกิดกรดจากแบคทีเรียที่สร้างกรดแล็กติก หากเกิดขึ้นอย่างเหมาะสมในผลิตภัณฑ์อาหาร หรือเครื่องดื่มประเภทหนึ่ง จัดเป็นสิ่งที่ต้องการ เช่น นมหมัก เนยแข็ง หรือ แหนม แต่หากน้ำมันที่เกิดการเปรี้ยวเองตามธรรมชาติจากกรดที่สร้างโดยกลุ่มแบคทีเรียดังกล่าว จะจัดเป็นนมที่เน่าเสีย เป็นต้น ดังนั้นการเน่าเสียของอาหาร หรือเครื่องดื่มไม่ได้พิจารณาเพียงแค่การมีหรือเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ แต่ยังรวมถึงการยอมรับของผู้บริโภคแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่ม การเสื่อมคุณภาพและการเน่าเสียของอาหารเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ ลดปริมาณการบริโภค และอาจเกิดการแพร่ระบาดของโรคทางอาหารได้ ดังนั้นการมีความรู้ และความเข้าใจในบทบาทของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียจะทำให้สามารถค้นหาวิธีการเพื่อควบคุมและป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารได้

สาเหตุสำคัญของการเน่าเสียของอาหาร

- 1) ปฏิกิริยาทางเคมี ปฏิกิริยาทางเคมีไม่ได้รวมถึงปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ของจุลินทรีย์ ส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ที่มีในอาหารตามธรรมชาติ ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม เอนไซม์ดังกล่าวจะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงลักษณะคุณภาพของอาหารได้ แต่หากเป็นอาหารบางประเภท เช่น อาหารที่ผ่านการแปรรูป ตัวอย่างเช่นอาหารกระป๋อง เอนไซม์จะไม่มีบทบาทในการทำให้อาหารเน่าเสีย เนื่องจากกระบวนการแปรรูปอาหารกระป๋องมีขั้นตอนการทำลายเอนไซม์ในอาหารได้ หากอาหารไม่ได้ผ่านขั้นตอนการแปรรูป เอนไซม์จะทำให้เกิดการย่อยสลายตัวของสารต่างๆที่เป็นองค์ประกอบ เอนไซม์ในผักและผลไม้ช่วยให้ผักและผลไม้สุก นิ่ม และ และสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัส ส่วนเอนไซม์ในเนื้อสัตว์ก็เช่นกัน จะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเกิดขึ้น
- 2) การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น ความดัน ความแห้ง หรือเกิดจากการบรรจุ การขนส่งทำให้เกิดการแตกหัก รอยขีด ฉีกขาด รวมทั้งแมลง หรือการกัตะอาหารของสัตว์ชนิดต่างๆ
- 3) จุลินทรีย์ อาหารส่วนใหญ่เกิดการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ได้ 2 ลักษณะ หนึ่งเกิดจากการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีในอาหารหรือปนเปื้อนอยู่ เมื่อเซลล์จุลินทรีย์มีการเจริญ มีการใช้สารอาหาร และเกิดสารประกอบต่างๆ ลักษณะที่สอง เกิดจากเอนไซม์ที่สร้างและหลั่งออกมาจากเซลล์จุลินทรีย์หลังจากเซลล์ตายแล้ว การเน่าเสียจากการเจริญของจุลินทรีย์ หรือเอนไซม์ของจุลินทรีย์จะทำให้เกิดลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น กลิ่นรส เนื้อสัมผัส การเกิดแก๊ส การไหลเยิ้มของของเหลว เป็นต้น โดยทั่วไปการเน่าเสียจากการเจริญของจุลินทรีย์จะเกิดได้รวดเร็ว

กว่าการเน่าเสียจากเอนไซม์ที่หลั่งออกมาหลังจากเซลล์จุลินทรีย์ตายแล้ว ดังนั้นหากมีปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ก็จะมีผลทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียได้เร็วขึ้น

ชนิดของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย

จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุสำคัญให้อาหารเน่าเสียมี 3 ประเภท ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์และรา

1) แบคทีเรีย

จุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็ก มีรูปร่างต่างๆ กัน เช่น กลี๋ยว กระบอกหรือท่อน กลมซึ่งอาจเกาะเรียงตัวกันเป็นสายหรือกลุ่ม แบคทีเรียมีการเจริญเพิ่มจำนวนโดยการแบ่งเซลล์ โดยเฉลี่ยที่สภาวะเหมาะสม จะเพิ่มจำนวนเป็น 2 เท่าทุก 20-30 นาที ดังนั้นหากในอาหารมีแบคทีเรียปนเปื้อนเพียง 1 เซลล์ ภายใน 10 ชั่วโมง จะมีจำนวนแบคทีเรียมากกว่า 1 ล้านเซลล์ อาหารที่มีแบคทีเรียปนเปื้อนอยู่ในระดับนี้ จะเกิดการเน่าเสียเกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ตัวอย่างแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสีย เช่น *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Flavobacterium* เป็นต้น แบคทีเรียที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียอาจแบ่งเป็นกลุ่มๆ ได้ โดยอาจพิจารณาจากความสามารถในการย่อยสลายประเภทอาหาร และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น

- แบคทีเรียที่ย่อยสลายน้ำตาล จะมีเอนไซม์ช่วยย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตจำพวกแป้ง หรือน้ำตาล
- แบคทีเรียที่ย่อยสลายโปรตีน เช่น *Clostridium*, *Pseudomonas* และ *Proteus* จะสร้างเอนไซม์ย่อยสลายโปรตีนทำให้เกิดการเน่าเสีย แบคทีเรียบางชนิดในกลุ่มนี้สามารถย่อยสลายโปรตีนในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน ทำให้เกิดสารที่มีกลิ่นเหม็น เช่น แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น
- แบคทีเรียที่ย่อยสลายเพกทิน แบคทีเรียกลุ่มนี้มีน้อยชนิด เช่น *Bacillus*, *Clostridium* และ *Erwinia* เป็นต้น แบคทีเรียนี้จะสร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายเพกทิน ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรต ที่มีโครงสร้างซับซ้อน ทำให้อาหารประเภทผัก และผลไม้ เกิดการเสียหายและเน่าเสียได้
- แบคทีเรียที่สร้างกรด เช่น กรดแอซิดิก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหาร โดยเฉพาะเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ รสชาติจะเปลี่ยนไป เนื่องเกิดสเปรี้ยวจากกรดแอซิดิก ตัวอย่างแบคทีเรียที่สร้างกรดแอซิดิก เช่น *Acetobacter* และ *Gluconobacter* เป็นต้น

2) ยีสต์

จุลินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย เซลล์มีรูปร่างหลายลักษณะ เช่น กลม รี เป็นต้น ส่วนใหญ่เพิ่มจำนวนโดยการแตกหน่อ ยีสต์เจริญได้ดีในอาหารที่มีน้ำตาลสูง เช่น น้ำผลไม้ แยม ผลไม้แช่อิ่มหรือแห้ง รวมทั้งอาหารที่มีปริมาณเกลือมาก เช่น ผักดอง แสม เบคอน และเนื้อเค็ม สปอร์ของยีสต์ไม่ทนความร้อนเหมือนกับสปอร์ของแบคทีเรีย นอกจากนี้ ยีสต์ยังมีเอนไซม์ที่ย่อยสลายกรดอินทรีย์ต่างๆ ที่ใช้ในการถนอมอาหาร เช่น กรดแล็กติก กรดแอซิดิกได้ ทำให้กรดมีความเข้มข้นลดลง ทำให้อาหารมีสภาวะเหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียได้

อาหารที่เกิดการเน่าเสียจากยีสต์มักเกิดกลิ่นหมัก เมื่ออก หรือฝ้าบริเวณผิวหน้า รวมทั้งเกิดความชื้นและแก๊สได้ ตัวอย่างยีสต์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย เช่น *Saccharomyces*, *Pichia*, *Torulopsis* เป็นต้น

3) รา

จุลินทรีย์ที่พบอยู่ทั่วไป มีรูปร่างลักษณะ และสีต่างๆกัน ราเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผัก ผลไม้ และอาหารแห้ง ผลิตภัณฑ์ขนมอบ เกิดการเน่าเสีย มีสี กลิ่น ที่ผิดปกติ และราบางชนิดเช่น *Aspergillus flavus* ยังสามารถสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินขึ้นในอาหารได้ โดยทั่วไปราเจริญได้ช้ากว่าแบคทีเรียและยีสต์ แต่เมื่อราเจริญได้สักระยะหนึ่ง ก็จะเจริญได้อย่างรวดเร็ว เราสามารถทนต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมได้ดี เช่น มีความชื้นน้อย ความเป็นกรด จึงเป็นปัญหาในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารมาก ตัวอย่างราที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร เช่น *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* เป็นต้น

แหล่งของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตที่พบได้ทั่วไปตามธรรมชาติในสภาพแวดล้อมที่มีความเหมาะสมสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์แต่ละชนิด แหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติของจุลินทรีย์สามารถจัดแบ่งเป็น แหล่งที่อยู่ตามธรรมชาติทางกายภาพและทางชีวภาพ ซึ่งการทราบถึงแหล่งที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์จะช่วยให้ทราบถึงการแพร่กระจายหรือการปนเปื้อนข้ามของจุลินทรีย์สู่วัตถุดิบทางการเกษตรหรืออาหาร

แหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติทางกายภาพ

1) แหล่งน้ำ

น้ำตามธรรมชาติมี 3 ประเภทที่สำคัญ ได้แก่ น้ำในบรรยากาศ น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน แหล่งน้ำจะมีปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน น้ำใต้ดินเป็นน้ำที่ผ่านการกรองจากชั้นหิน ดิน และทราย ทำให้มีปริมาณของจุลินทรีย์ต่ำ อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ ได้แก่ ชนิดและปริมาณของสารอาหาร อุณหภูมิของน้ำ ความกดดันของน้ำ ความเค็มของน้ำ ความชื้นและแสงสว่าง รวมทั้งความเป็นกรดเบส นอกจากนี้จุลินทรีย์ยังมีการกระจายตัวอยู่ทุกระดับความลึกของน้ำในปริมาณที่แตกต่างกัน แหล่งน้ำ เช่น น้ำทะเล เป็นแหล่งที่อยู่ของ *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Vibrio parahaemolyticus* แหล่งน้ำจืดอาจพบแบคทีเรีย *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas* ดังนั้น คุณภาพของน้ำจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ของอาหาร เพราะน้ำเข้าไปเกี่ยวข้องกับการผลิตอาหารหลายขั้นตอน เช่น การล้างทำความสะอาดวัตถุดิบ เครื่องมือ หรืออุปกรณ์ การล้างเลียงวัตถุดิบบางชนิด เช่น การล้างเลียงผักที่ตัดแต่งแล้ว การเก็บรักษาวัตถุดิบบางชนิด เช่น ปลาในน้ำแข็ง การทำให้เย็น เช่น อาหารกระป๋อง การเป็นส่วนประกอบในอาหาร เช่น ซอส ดังนั้นหากใช้น้ำที่ไม่มีคุณภาพ โอกาสการปนเปื้อนจุลินทรีย์สู่อาหารก็มีโอกาสเกิดขึ้นได้ แม้น้ำที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่ทำให้เกิดโรค แต่จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียบางชนิดอาจอยู่รอดได้ เช่น *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas* เป็นต้น

2) ดิน

ดิน เป็นแหล่งของจุลินทรีย์หลายชนิด ปริมาณของจุลินทรีย์แตกต่างกันขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความเป็นกรดเบส ความชื้นในดิน ชนิดและปริมาณของสารอาหาร อุณหภูมิ รวมทั้งสภาวะต่างๆ เช่น การพรวนดิน การใส่ปุ๋ย แต่จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่พบมากคือ แบคทีเรีย เช่น *Bacillus*, *Clostridium botulinum*, *C. perfringens*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, *Pseudomonas*, *Proteus*, *Micrococcus* เป็นต้น ส่วนราพบมากที่บริเวณผิวดิน ตัวอย่างเช่น *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* เป็นต้น

3) อากาศ

อากาศ เป็นแหล่งของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์จะเกาะติดกับฝุ่นละออง ละอองไอน้ำ โดยปริมาณของจุลินทรีย์จะขึ้นกับความชื้น ขนาดของฝุ่นละออง อุณหภูมิและความเร็วของอากาศ รวมทั้งความสามารถในการทนต่อความแห้ง โดยทั่วไป อากาศแห้ง ที่มีฝุ่นละอองน้อย อุณหภูมิสูง จะมีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำ จุลินทรีย์ที่อาจพบในอากาศ เช่น กลุ่มที่สร้างสปอร์ได้ ได้แก่ *Bacillus*, *Clostridium* แบคทีเรียแกรมบวก เช่น *Micrococcus*, *Sarcina* นอกจากนี้ ยังพบราและยีสต์ ดังนั้นการป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากอากาศทำได้โดยการกรองอากาศ การใช้ความดัน การลดความชื้น หรือการติดตั้งหลอดแสงอัลตราไวโอเลต

4) สิ่งแวดล้อมอื่นๆ

สิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น ขยะ พื้นผิวหรือมุมอับของเครื่องมือ/อุปกรณ์ พื้นผิวของบรรจุภัณฑ์ จุลินทรีย์จากอากาศ วัตถุติด อาหารติด น้ำ และคน สามารถปนเปื้อนสู่เครื่องมือหรืออุปกรณ์ หากมีสารอาหาร ความชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสม จุลินทรีย์ดังกล่าวก็จะเจริญเพิ่มจำนวนได้ นอกจากนี้ อุปกรณ์เล็กๆ เช่น เขียง มีด ช้อน ฟองน้ำ หากทำความสะอาดหรือฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ ก็จะเป็นแหล่งการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ เช่น มีรายงานตรวจพบ *Escherichia coli*, *Pseudomonas*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* ในฟองน้ำ ตรวจพบแบคทีเรีย เช่น *Bacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Streptococcus* รา เช่น *Aspergillus*, *Mucor* บนบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น

แหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติทางชีวภาพ

1) คน

คนเป็นแหล่งที่อยู่ของจุลินทรีย์ เช่น ในลำไส้มีจุลินทรีย์หลายชนิดอาศัยอยู่ หรือมีแบคทีเรียอยู่ตามบาดแผล ฝี หนอง ตัวอย่างเช่น *Staphylococcus aureus* หรือมือที่สัมผัสอาหารอาจพบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษหลายชนิดได้ เช่น *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella* และไวรัสตับอักเสบชนิด เอ เป็นต้น ดังนั้นต้องมีการฝึกอบรมด้านการปฏิบัติตนให้ถูกสุขลักษณะ การตรวจสอบสุขภาพ เพื่อลดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์

2) พืช

โดยปกติเนื้อเยื่อของพืชภายในมักปราศจากจุลินทรีย์ ยกเว้นพืชบางชนิดที่มีรูพรุนหรือช่องว่างภายใน รวมทั้ง ผักที่มีใบซ้อนทับกัน เช่น หัวหอม กะหล่ำปลี เป็นต้น อย่างไรก็ตาม มักพบจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ อยู่ตามเปลือก ตามรอยแตก ตามขั้ว ชนิดของจุลินทรีย์อาจแตกต่างกันขึ้นกับสภาพแวดล้อมที่พืชเจริญเติบโต เช่น สภาพดิน ชนิดของปุ๋ย ชนิดของน้ำ และอากาศ โดยอาจพบรา ยีสต์ แบคทีเรีย

กรดแล็กติก *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Erwinia*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterobacter* เป็นต้น การเกิดโรคของพืช การเกิดตำหนิที่ผิวก่อน ระหว่าง หรือหลังการเก็บเกี่ยว รวมทั้งวิธีการล้างทำความสะอาด การเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม สภาพการขนส่ง จะมีส่วนทำให้จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมีโอกาสเจริญเพิ่มจำนวนได้

3) สัตว์

สัตว์ก็เป็นแหล่งที่อยู่ของจุลินทรีย์ ไม่ว่าจะเป็นระบบทางเดินอาหาร ทางเดินหายใจ ผิวหนัง ขน มักมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ ตัวอย่างเช่น พบ *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Yersinia enterocolitica* ในระบบทางเดินอาหารในสัตว์ปีก หรือพบ *Corynebacterium*, *Propionibacterium*, *Micrococcus*, *Salmonella* ที่ขน ผิว หรือปีก เป็นต้น นอกจากนี้สัตว์บางชนิด เช่น ปลา การปนเปื้อนของจุลินทรีย์อาจมีสาเหตุจากแหล่งน้ำที่เจริญ และติดมากับเมือกปลา เช่น *Achromobacter*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Vibrio* เป็นต้น

2.6 การเลี้ยงปลานิล

1) การเตรียมบ่อเพาะพันธุ์ปลานิล มีหลายแบบ ดังนี้

- **บ่อดิน** บ่อเพาะควรเป็นบ่อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีเนื้อที่ตั้งแต่ 50-1,600 ตารางเมตร สามารถเก็บกักน้ำได้ระดับสูง 1 เมตร บ่อควรมีเชิงลาดตามความเหมาะสม เพื่อป้องกัน ดินพังทลาย และมีขานบ่อกว้าง 1-2 เมตร ถ้าเป็นบ่อเก่าก็ควรวิดน้ำและสาตเลนขึ้น ตกแต่งภายใน บ่อให้ดินแน่น ใส่โล่ดินกำจัดศัตรูของปลา อัตราส่วนใช้โล่ดินแห้ง 1 กก./ปริมาตรของน้ำ 100 ลูกบาศก์เมตร โรยปูนขาวให้ทั่วบ่อ 1 กก./พื้นที่บ่อ 10 ตรม. ใส่ปุ๋ยคอกแห้ง 300 กก./ไร่ ตากบ่อทิ้งไว้ประมาณ 2-3 วัน จึงเปิดหรือสูบน้ำเข้าบ่อผ่านผ้ากรองหรือตะแกรงตาถี่ให้มี ระดับสูง ประมาณ 1 เมตร การใช้บ่อดินเพาะปลานิลจะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีอื่น เพราะเป็นบ่อที่มีลักษณะคล้ายคลึงตามธรรมชาติ และการผลิตลูกปลานิลจากบ่อดินจะได้ผลผลิตสูง ต้นทุนต่ำกว่าวิธีอื่น
- **บ่อปูนซีเมนต์** ก็สามารถใช้ผลิตลูกปลานิลได้ รูปร่างของบ่อจะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือรูปกลมก็ได้ มีความลึกประมาณ 1 เมตร พื้นที่ผิวน้ำตั้งแต่ 10 ตารางเมตร ขึ้น ทำความ สะอาดบ่อและเติมน้ำที่กรองด้วยผ้าในลอนหรือมุ้งลวดตาถี่ให้มีระดับน้ำสูงประมาณ 80 ซม. ถ้าใช้เครื่องเป่าลมช่วยเพิ่มออกซิเจนในน้ำ จะทำให้การเพาะปลานิลด้วยวิธีนี้ได้ผลมากขึ้น อนึ่ง การเพาะปลานิลด้วยบ่อซีเมนต์ ถ้าจะให้ได้ลูกปลามากก็ต้องใช้บ่อขนาดใหญ่ ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่าย ในการลงทุนสูง
- **กระชังในล่อนตาถี่** ขนาดของกระชังที่ใช้ประมาณ 5*8*2 เมตร วางกระชังในบ่อดิน หรือในหนองบึง อ่างเก็บน้ำ ให้พื้นกระชังอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำ ประมาณ 1 เมตร ใช้หลักไม้ 4 หลัก ผูกตรึงมุม ยึดปาก และพื้นกระชังให้แน่น เพื่อให้กระชังซึ่งตั้ง การเพาะปลานิลด้วยวิธีนี้มีความ เหมาะสม ที่จะใช้ผลิตลูกปลาในกรณี ซึ่งเกษตรกรไม่มีพื้นที่ดินก็สามารถจะเลี้ยงปลาได้ เช่น เลี้ยงในอ่างเก็บ น้ำหนองบึงและลำน้ำต่างๆ เป็นต้น

2) การให้อาหารและปุ๋ยในบ่อเพาะพันธุ์ปลานิล

การเลี้ยงปลานิลมีความจำเป็นที่จะต้องให้อาหารสมทบ หรืออาหารผสม ได้แก่ ปลาขี้ขาว สาหร่าย รำละเอียด ในอัตราส่วน 1 : 2 : 3 โดยให้อาหารดังกล่าวแก่พ่อแม่ปลานิลประมาณ 2% ของน้ำหนักตัว ทั้งนี้เพื่อให้ปลานิลใช้เป็นพลังงาน ซึ่งต้องใช้มากกว่าในช่วงการผสมพันธุ์ส่วนปุ๋ยคอกแห้งก็ต้องใส่ในอัตราส่วนประมาณ 100-200 กก./ไร่/เดือน ทั้งนี้เพื่อเพิ่มพูนอาหารธรรมชาติในบ่อได้แก่ พืชน้ำขนาดเล็กๆ ไรน้ำ และตัวอ่อน อันจะเป็นประโยชน์ต่อลูกปลานิลวัยอ่อนที่หลังจากถูกอาหารยุบตัวลง และจะต้องดำรงชีวิตอยู่ในพ่อแม่ปลานิลประมาณ 1 สัปดาห์ ก่อนที่จะย้ายไปเลี้ยงในบ่ออนุบาล ถ้าในบ่อขาดอาหารธรรมชาติดังกล่าวผลผลิตลูกปลานิลจะได้น้อยเพราะขาดอาหารที่จำเป็นเบื้องต้นหลังจากถูกอาหารได้ยุบตัวลงใหม่ๆ ก่อนที่ลูกปลานิลจะสามารถกินอาหารสมทบอื่นๆ ได้ อาหารสมทบที่หาได้ง่ายคือ รำข้าว ซึ่งควรปรับปรุงคุณภาพให้ดียิ่งขึ้นโดยใช้ปลาป่น กากถั่ว และวิตามินเป็นส่วนผสม นอกจากนี้แหนเป็ดและสาหร่ายหลายชนิดก็สามารถจะใช้เป็นอาหารเสริมแก่พ่อแม่ปลานิลได้เป็นอย่างดี ในกรณีที่ใช้กระชังในล่อนตาถ้ำเพาะพันธุ์ปลานิลก็ควรให้อาหารสมทบแก่พ่อแม่ปลาอย่างเดียว

3) การอนุบาลลูกพันธุ์ปลานิล

- **บ่อดิน** บ่อดินควรมีขนาดประมาณ 200 ตรม. ถ้าเป็นบ่อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะสะดวกในการจับย้าย ลูกปลา น้ำในบ่อควรมีระดับความลึกประมาณ 1 เมตร บ่ออนุบาลควรเตรียมไว้ให้มีจำนวนมากพอเพื่อให้ เลี้ยงลูกปลาขนาดเดียวกันที่ย้ายมาจากบ่อเพาะ การเตรียมบ่ออนุบาลควรจัดการล่วงหน้าประมาณ 1 สัปดาห์ ก่อนที่นำลูกปลามาเลี้ยง การเตรียมบ่ออนุบาลนั้นปฏิบัติวิธีเดียวกันกับการเตรียมบ่อที่ใช้เพาะ ปลานิล บ่อขนาดดังกล่าวนี้จะใช้อุบลลูกปลานิลขนาด 1-2 ซม. ได้ครั้งละประมาณ 50,000 ตัว การอนุบาลลูกปลานิลนอกจากใช้ปุ๋ยเพาะอาหารธรรมชาติแล้วจำเป็นต้องให้อาหารสมทบ เช่น รำละเอียด กากถั่ว อีกวันละ 2 ครั้ง พร้อมทั้งสังเกตความอุดมสมบูรณ์ของอาหารธรรมชาติจากสีของ น้ำซึ่งมีสีอ่อน หรือจะใช้ถุงลากแพลงก์ตอน ตรวจดูปริมาณของไรน้ำก็ได้ ถ้ามีปริมาณน้อยก็ควร เติมปุ๋ยคอกลงเสริมในช่วงระยะเวลา 5-6 สัปดาห์ ลูกปลาจะโตมีขนาด 3-5 ซม. ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสม จะนำไปเลี้ยงเป็นปลาขนาดใหญ่

- **นาข้าวใช้เป็นบ่ออนุบาล** นาข้าวที่ได้เสริมคันดินให้แน่นเพื่อเก็บกักน้ำให้มีระดับสูงประมาณ 50 ซม. โดยใช้ดินที่ขุดขึ้นโดยรอบคันนาไปเสริมซึ่งจะมีคูขนาดเล็กโดยรอบพร้อมมีบ่อขนาดเล็กประมาณ 2x5 เมตร ลึก 1 เมตร ในด้านคันนาที่ลาดเอียงต่ำสุดเป็นที่รวบรวมลูกปลาขณะจับ พื้นที่นาดังกล่าว ก็สามารถจะเป็นนาอนุบาลลูกปลานิลได้หลังจากปักดำข้าว 10 วัน หรือภายหลังที่เก็บเกี่ยว ข้าวแล้วส่วน การให้อาหาร และปุ๋ยก็ปฏิบัติเช่นเดียวกับบ่ออนุบาล การป้องกันศัตรูของปลานิลในนาข้าวควร ให้อวนในล่อนตาถ้ำสูงประมาณ 1 เมตร ทำเป็นรั้วล้อมรอบเพื่อป้องกันศัตรูของปลาจำพวก กบ งู เป็นต้น

- **บ่อซีเมนต์** บ่ออนุบาลลูกปลานิลและบ่อเพาะปลานิลจะใช้ขนาดเดียวกันก็ได้ ซึ่งจะสามารถใช้บ่อ อนุบาลลูกปลาวัยอ่อนได้ตารางเมตรละประมาณ 300 ตัวในเวลา 4-6 สัปดาห์ โดยใช้เครื่องเป่าลมช่วย และเปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณครึ่งบ่อสัปดาห์ละครั้งให้อาหารสมทบวันละ 3 เวลา เมื่อลูกปลาที่เลี้ยงโตขึ้นมีขนาด 3-5 ซม.

- **กระชังในล่อนตาถึ** ขนาด $3 \times 3 \times 2$ เมตร ซึ่งสามารถจะใช้อวนลากปลาไว้อ่อนได้ จำนวนครั้งละ 3,000 - 5,000 ตัว โดยให้ไข่แดงต้มบดให้ละเอียด วันละ 3-4 ครั้ง หลังจากอุ้ง อาหารของลูก ปลา ยุบตัวลงใหม่ ๆ เป็นเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นจึงให้รำละเอียด 3 ส่วน ผสมกับปลาบด ให้ละเอียด อัตรา 1 ส่วนติดต่อกันเป็นระยะเวลาประมาณ 4-5 สัปดาห์ ลูกปลาจะโตขึ้นมีขนาด 3-5 ซม. ซึ่งสามารถนำไปเลี้ยง ให้เป็นปลาขนาดใหญ่หรือจำหน่าย

4) การเลี้ยง

ปลานิล เป็นปลาที่ประชาชนนิยมเลี้ยงกันมากชนิดหนึ่ง ทั้งในรูปแบบการค้าและเลี้ยงไว้ บริโภคในครัวเรือน ทั้งนี้เนื่องจากปลานิลเป็นปลา ที่เลี้ยงง่าย กินอาหารได้แทบทุกชนิด เนื้อมีรสชาติดีตลาดมีความต้องการสูง ส่วนในเรื่องราคาจำหน่ายนั้นค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับปลาชนิดอื่น ๆ เช่น ปลาดุก ปลาตะเพียนขาว ปลาสร้อย ฯลฯ ดังนั้น การเลี้ยงปลาชนิดนี้เพื่อผลิตจำหน่าย จึงมีความจำเป็นที่ จะต้องพิจารณาในด้านอาหารปลาที่จะนำมาใช้เลี้ยงเป็นหลัก กล่าวคือ ต้องเป็นอาหารที่ทำได้ง่าย ราคาต่ำเพื่อลดต้นทุนการผลิตให้มากที่สุด นอกจากนั้นการเลี้ยงปลาชนิดนี้ มีความจำเป็นในด้านการจัดการฟาร์มที่ เหมาะสมเพราะปลานิลเป็นปลาที่ ออกลูกตกถ้าปลาในบ่อมีความหนาแน่นมากก็อาจจะไม่เจริญเติบโต ดังนั้นการเลี้ยงที่จะให้ได้ผลดีเป็นที่พอใจก็ จำเป็นต้องปฏิบัติ ให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ ตามประเภทของการเลี้ยงและขั้นตอนต่อไปนี้

- **บ่อดิน** บ่อที่เลี้ยงปลานิลควรเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อสะดวกในการจับเนื้อที่ตั้งแต่ 200 ตารางเมตรขึ้นไป ใช้เศษอาหารเลี้ยงจาก โรง ครัว ปุ๋ยคอก อาหารสมทบอื่น ๆ ที่หาได้ง่าย เช่น แหนบเปิด สาหร่าย เศษพืชผักต่าง ๆ ปริมาณปลาที่ผลิตได้ก็เพียงพอสำหรับบริโภคในครอบครัว ส่วน การ เลี้ยงปลานิลเพื่อการค้าควร ใช้บ่อขนาดใหญ่ตั้งแต่ 0.5-3.0 ไร่ ควรจะมีหลายบ่อเพื่อทยอยจับปลาเป็นรายวัน รายสัปดาห์ และรายเดือนเพื่อให้ได้เงินสด มาใช้จ่ายเป็นเงินทุนหมุนเวียนสำหรับค่าอาหารปลา เงินเดือนคนงาน ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ปัจจุบันการเลี้ยง ปลานิลในบ่อดินแบ่งได้ 4 ประเภท ตามลักษณะของ การเลี้ยง ดังนี้

- **การเลี้ยงปลานิลแบบเดี่ยว** โดยปล่อยลูกปลานิลขนาดเท่ากันลงเลี้ยงพร้อมกันใช้ เวลาเลี้ยง 6-12 เดือน แล้ววิดจับหมดทั้งบ่อ
- **การเลี้ยงปลานิลหลายรุ่นในบ่อเดียวกัน** โดยใช้วันจับปลานิลขนาดใหญ่คัดเฉพาะ ขนาดปลาที่ตลาดต้องการจำหน่ายปล่อย ให้ปลา ขนาดเล็กเจริญเติบโต
- **การเลี้ยงปลานิลร่วมกับปลาชนิดอื่น** เช่น ปลาสร้อย ปลาตะเพียน ปลาจิ้น ฯลฯ เพื่อใช้ประโยชน์จากอาหาร หรือเลี้ยงร่วมกับปลากิน เนื้อเพื่อกำจัดลูกปลาที่ไม่ต้องการ ขณะเดียวกันจะได้ ปลากินเนื้อเป็นผลพลอยได้ เช่น การเลี้ยงปลานิลร่วมกับปลากลาย และการเลี้ยงปลานิลร่วมกับปลาช่อน
- **การเลี้ยงปลานิลแบบแยกเพศโดยวิธีแยกเพศปลา** หรือเปลี่ยนเพศ ปลาเป็น เพศเดียวกัน เพื่อป้องกันการแพร่พันธุ์ในบ่อ ส่วนมากนิยม เลี้ยงเฉพาะปลาเพศผู้ ซึ่งมีการเจริญเติบโตเร็วกว่าเพศเมีย การขูดบ่อเลี้ยงปลาในปัจจุบันนิยมใช้เครื่องจักรกล เช่น รถแทรกเตอร์ รถดั๊กชูดิน เพราะเสียค่า ใช้จ่ายต่ำกว่าใช้แรงจากคนขูดเป็นอัน มาก นอกจากนี้ยังปฏิบัติงานได้รวดเร็วตลอดจนการสร้างคันดินก็สามารถอัดให้แน่น ป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้เป็น อย่างดี ความลึกของบ่อประมาณ 1 เมตร มีเชิงลาดประมาณ 45 องศา เพื่อป้องกันการพังทลายของดิน และมีชายบ่อกว้างประมาณ 1-2 เมตร ตามขนาด ความกว้างยาว ของบ่อที่เหมาะสม

ถ้าบ่ออยู่ใกล้แหล่งน้ำ เช่น คู คลอง แม่น้ำ หรือในเขตชลประทาน ควรสร้างท่อระบายน้ำทิ้งที่พื้นบ่ออีกด้านหนึ่ง โดยจัด ระบบน้ำเข้าออกคนละทาง เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำ แต่ถ้าบ่อนั้นไม่สามารถจะทำท่อชักน้ำและระบายน้ำได้ จำเป็นต้องใช้เครื่องสูบน้ำ

5) ขั้นตอนการเลี้ยงปลาในบ่อดิน

- กำจัดวัชพืช และพันธุ์ไม้น้ำต่าง ๆ เช่น กก หญ้า ผักตบชวาให้หมด โดยนำมากองสุ่มไว้แห้งแล้วนำมาใช้เป็นปุ๋ยหมักในขณะที่ปล่อย ปลาลงเลี้ยง ถ้าในบ่อเก่ามีเลนมากจำเป็นต้องสาดเลนขึ้นโดยนำไปเสริมคันดินที่ชำรุด หรือใช้เป็นปุ๋ยแก่พืช ผัก ผลไม้ บริเวณใกล้เคียงพร้อมทั้งตกแต่งเชิง ลาดและคันดินให้แน่นด้วย

- กำจัดศัตรู ศัตรูของปลานิล ได้แก่ ปลาจำพวกกินเนื้อ เช่น ปลาช่อน ปลาชะโด ปลาหมอ ปลาดุก นอกจากนี้ก็มีสัตว์จำพวก กบ เขียด งู เป็นต้น ดังนั้น ก่อนที่จะปล่อยปลานิลลงเลี้ยงจึงจำเป็นต้อง กำจัดศัตรูดังกล่าวเสียก่อนโดยวิธีระบายน้ำออกให้เหลือน้อยที่สุด การกำจัดศัตรูของปลาอาจใช้ ไล่ต้อนสดหรือแห้งประมาณ 1 กิโลกรัม ปริมาณของน้ำในบ่อ 100 ลูกบาศก์เมตร คือทุบหรือบดไล่ต้อนให้ละเอียด นำลงแช่น้ำประมาณ 1-2 ปีบ ขยำไล่ต้อนเพื่อ ให้น้ำสีขาวออกมาหลาย ๆ ครั้งจนหมดนำไปสาดให้ทั่วบ่อศัตรูพวกปลาจะลอยหัวขึ้นมาภายหลังไล่ต้อน ประมาณ 30 นาที ใช้สวิงจับขึ้นมาใช้บริโภคได้ที่ เหลือ ตายพื้นบ่อจะลอยในวันรุ่งขึ้น ส่วนศัตรูจำพวกกบเขียดงู จะหนีออกจากบ่อไป และก่อนปล่อยปลาลงเลี้ยงควรจะทิ้งระยะไว้ประมาณ 7 วัน เพื่อให้ฤทธิ์ ของไล่ต้อนสลายตัวไปหมดเสียก่อน

- การใส่ปุ๋ย โดยปกติแล้วอุปนิสัยในการกินอาหารของปลานิลจะกินอาหารจำพวกแพลงก์-ตอนพืชและสัตว์ เศษวัสดุเน่าเปื่อยตามพื้นบ่อ แหน สาหร่าย ฯลฯ ดังนั้น ในบ่อเลี้ยงปลาควรให้อาหารธรรมชาติ ดังกล่าวเกิดขึ้นอยู่เสมอ จึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยลงไปเพื่อละลายเป็นธาตุอาหาร ซึ่งพืชน้ำขนาดเล็กจำเป็นใช้ในการปรุงอาหารและเจริญเติบโตโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นโซ่อาหาร อันดับต่อไป คือ แพลงก์ตอนสัตว์ ได้แก่ ไรน้ำ และตัวอ่อน ของแมลง ปุ๋ยที่ใช้ได้แก่มูลวัว ควาย หมู เป็ด ไก่ นอกจากปุ๋ยที่ได้จากมูลสัตว์แล้วก็อาจใช้ปุ๋ยหมักจำพวกหญ้าและฟางข้าวปุ๋ยพืชสดต่าง ๆ ได้เช่นเดียวกัน

- อัตราปล่อยปลาเลี้ยง ในบ่อดินขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำ อาหาร และการจัดการเป็นสำคัญ โดยทั่วไปจะปล่อยลูกปลานิลขนาด 3-5 ซม. ลงเลี้ยง ในอัตรา 1-3 ตัว/ตรม. หรือ 2,000-5000 ตัว/ไร่

- การให้อาหาร การใส่ปุ๋ยเป็นการให้อาหารแก่ปลานิลที่สำคัญมากวิธีหนึ่งเพราะจะได้ อาหารธรรมชาติที่มีโปรตีนสูงและราคาถูกแต่เพื่อ เป็นการเร่งให้ปลาที่เลี้ยงเจริญเติบโตเร็วขึ้นหรือถูกต้องตามหลักวิชาการ จึงควรให้อาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตเป็นอาหารสมทบด้วย เช่น รำ ปลายข้าว กากมะพร้าว มันสำปะหลัง หั่นต้มให้สุกและเศษเหลือของอาหารที่มีโปรตีนสูง เช่น กากถั่วเหลืองจากโรงทำเต้าหู้กากถั่วลิสง อาหารผสมซึ่งมีปลาป่น รำข้าว ปลายข้าวมีจำนวนโปรตีนประมาณ 20% เศษอาหารที่เหลือจากโรงครัวหรือภัตตาคาร อาหารประเภทพืชผัก เช่น แหนเป็ด สาหร่าย ผักตบชวาสับให้ละเอียด เป็นต้น อาหารสมทบเหล่านี้ควรเลือกชนิดที่มีราคาถูกและหาได้สะดวก ส่วนปริมาณที่ให้ก็ไม่ควรเกิน 4% ของน้ำหนักปลาที่เลี้ยง หรือจะใช้วิธีสังเกตจาก ปลาที่ขึ้นมากินอาหารจากจุดที่ให้เป็นประจำ คือ ถ้ายังมีปลานิลลอยกันอยู่มากเพื่อรอกินอาหารก็เพิ่มจำนวนอาหารมากขึ้นตามลำดับทุก 1-2 สัปดาห์ ในการให้อาหารสมทบมีข้อพึงควรระวัง คือ ถ้าปลากินไม่หมดอาหารจมพื้นบ่อ หรือละลายน้ำ

มากก็จะทำให้เกิดความเสียหายขึ้นหลายประการ เช่น เสียค่าใช้จ่ายไป โดยเปล่าประโยชน์ ทำให้น้ำเน่าเสียเป็นอันตรายต่อปลาที่เลี้ยง และหรือต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการสูบลาย เปลี่ยนน้ำบ่อย ๆ เป็นต้น

6) การเจริญเติบโตและผลผลิต

ปลานิล เป็นปลาที่มีการเจริญเติบโตเร็ว เมื่อได้รับการเลี้ยงดูอย่างถูกต้องจะมีขนาดเฉลี่ย 500 กรัม ในเวลา 1 ปี ผลผลิตไม่น้อยกว่า 500 กก./ไร่/ปี ในกรณีที่เลี้ยงในกระชังที่คุณภาพน้ำดีมีอาหารสมทบอย่างสมบูรณ์ สามารถให้ผลผลิตไม่น้อยกว่า 5 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

การเจริญเติบโตของปลานิล		
อายุปลา (เดือน)	ความยาว(ซม.)	หนัก(กรัม)
3	10	30
6	20	200
9	25	350
12	30	400

จากการการศึกษาข้อมูลการเลี้ยงปลานิล สรุปได้ว่า การเลี้ยงค่อนข้างที่จะมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก ไม่ว่าจะเป็นการเตรียมบ่อ ส่วนใหญ่จากการที่คณะผู้วิจัยได้สอบถามข้อมูลผู้ขายปลานิล และผู้ที่เคยเลี้ยงปลานิล ได้ข้อมูลว่าเขาจะเลี้ยงในบ่อดิน ไม่นิยมเลี้ยงในบ่อปูนซีเมนต์ ถ้าเลี้ยงในบ่อซีเมนต์การเจริญเติบโตช้า ปลาจะตายง่าย ถ้าเราไม่เตรียมบ่ออย่างดี เช่น การใส่ปุ๋ยเป็นการให้อาหารให้อาหารธรรมชาติที่มีโปรตีนสูงก็ต้องศึกษาอย่างดี การตรวจวัด pH ของน้ำให้อยู่ในสถานะที่พอเหมาะอยู่ตลอดซึ่งเป็นภาวะที่ควบคุมได้ยาก และไม่เหมาะสมในการศึกษาอาหารปลา หรือซื้อเค้กที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้เป็นอาหารปลา ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้เปลี่ยนมาศึกษาการใช้ซื้อเค้กเป็นอาหารปลาโดยการเลี้ยงปลาดุกแทน

2.7 การเลี้ยงปลาดุก

ปลาดุกในประเทศไทยที่นิยมนำมาเพาะเลี้ยงในอดีตนั้นแต่เดิมมี 2 ชนิด แต่ที่นิยมในการเพาะเลี้ยงอย่างมากได้แก่ ปลาดุกอุย (*Clarias macrocephalus*) เป็นปลาพื้นบ้านของไทยชนิดไม่มีเกล็ด รูปร่างเรียวยาว มีหนวด 4 เส้นที่ริมฝีปาก ผิวหนังมีสีน้ำตาล เนื้อมีสีเหลือง รสชาติอร่อยนุ่มนวล สามารถนำมาปรุงแต่งเป็นอาหารชนิดต่าง ๆ ได้มากมาย ในประเทศไทยมีพันธุ์ปลาดุกอยู่จำนวน ๕ ชนิด แต่ที่เป็นที่รู้จักทั่วๆ ไปคือ ปลาดุกอุยและปลาดุกด้าน (*Clarias batrachus*) ซึ่งในอดีตทั้งปลาดุกอุยและปลาดุกด้านได้มีการเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย เมื่อมีการนำปลาดุกชนิดใหม่เข้ามาเลี้ยงในประเทศไทย อธิบดีกรมประมงได้มีคำสั่งให้กลุ่มวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดดำเนินการศึกษา พบว่าเป็นปลาในตระกูลแคทฟิช เช่นเดียวกับปลาดุกอุย มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา มีชื่อว่า *Clarias gariepinus*, African sharptooth catfish เป็นปลาที่มีการเจริญเติบโตรวดเร็วมาก สามารถกินอาหารได้แทบทุกชนิดมีความต้านทานโรคและสภาพแวดล้อมสูง เป็นปลาที่มีขนาดใหญ่เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่

งานศึกษาและพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการประมงได้ศึกษาการเลี้ยงปลาทุกทั้งรูปแบบการเลี้ยงและชนิดของปลาที่เหมาะสมกับการเลี้ยงพบว่า ปลาสามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้งในบ่อดิน บ่อพลาสติก และบ่อซีเมนต์ ส่วนชนิดปลาที่เหมาะสมในการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์นั้น ปลาเทศ และปลาเทศอุยเทศ (ลูกผสมระหว่างแม่ปลาเทศอุยกับพ่อปลาเทศ) เหมาะสมมากที่สุด โดยใช้ระยะเวลาประมาณ ๒ - ๓ เดือน (แล้วแต่ขนาดลูกปลาที่ปล่อย) ก็สามารถจำหน่ายได้แล้ว

การอนุบาลลูกปลา สำหรับลูกปลาที่ฟักออกเป็นตัวใหม่ๆ จะใช้อาหารในถุงไข่แดงที่ติดมากับตัว เมื่อถุงไข่แดงที่ติดมากับลูกปลายุบ ให้ไข่ไก่ต้มสุกเอาเฉพาะไข่แดงบดผ่านผ้าขาวบางเมื่อลูกปลาอายุครบ 2 วัน สามารถขนย้ายได้ด้วยความสะดวกด้วยวิธีใช้สายยางดูด แล้วบรรจุในถุงพลาสติกขนาด 18 นิ้ว ไม่ควรเกิน 10,000 ตัว/ถุง หากขนส่งเกิน 8 ชั่วโมงให้ลดจำนวนลูกปลาลง

การอนุบาลลูกปลาในบ่อซีเมนต์ สามารถดูแลรักษาได้ง่าย ขนาดของบ่อซีเมนต์ควรมีขนาดประมาณ 2 - 5 ตารางเมตร ระดับความลึกของน้ำที่ใช้อนุบาลลึกประมาณ 15-30 เซนติเมตร การอนุบาลลูกปลาที่มีขนาดเล็ก (อายุ 3 วัน) ระยะแรกควรใส่น้ำในบ่ออนุบาลลึกประมาณ 10 - 15 เซนติเมตร เมื่อลูกปลามีขนาดใหญ่ขึ้นจึงค่อยๆ เพิ่มระดับน้ำให้สูงขึ้น การอนุบาลให้ลูกปลามีขนาด 2 - 3 เซนติเมตร จะใช้เวลาประมาณ 10 - 15 วัน น้ำที่ใช้ในการอนุบาลจะต้องเปลี่ยนถ่ายทุกวัน เพื่อเร่งให้ลูกปลากินอาหารและมีการเจริญเติบโต อีกทั้งเป็นการป้องกันการเน่าเสียของน้ำด้วยการอนุบาลลูกปลาจะปล่อยในอัตรา 3,000 - 5,000 ตัว/ตรม.อาหารที่ใช้คือ ไรแดงเป็นหลัก ซึ่งหากให้อาหารเสริม เช่น ไข่ตุ๋น หรือเต้าหู้ จะต้องระวังเกี่ยวกับการย่อยของลูกปลาและการเน่าเสียของน้ำในบ่ออนุบาลให้ดียิ่งขึ้น

การเลี้ยงปลาในบ่อซีเมนต์

1) อัตราปล่อยปลา ควรปรับสภาพของน้ำในบ่อที่เลี้ยงให้มีสภาพเป็นกลางหรือเป็นด่างเล็กน้อย แต่ต้องแน่ใจว่าบ่อซีเมนต์จะต้องหมดฤทธิ์ของปูน ลูกปลาขนาด 2 - 3 เซนติเมตร ควรปล่อยในอัตราประมาณ 100 ตัว/ตรม. เพื่อป้องกันโรคซึ่งอาจจะติดมากับลูกปลา ใช้น้ำยาฟอร์มาลินใสในบ่อเลี้ยง อัตราความเข้มข้นประมาณ 30 ส่วนในล้าน ในวันที่ปล่อยลูกปลาไม่จำเป็นต้องให้อาหารควรเริ่มให้อาหารในวันรุ่งขึ้น

2) การให้อาหาร เมื่อปล่อยลูกปลาลงในบ่อแล้ว อาหารที่ให้ในช่วงที่ลูกปลามีขนาดเล็ก (2 - 3 เซนติเมตร) ควรให้อาหารผสมคลุกน้ำปั่นเป็นก้อนให้ลูกปลากิน โดยให้กินวันละ 2 ครั้ง หว่านให้กินทั่วบ่อโดยเฉพาะในบริเวณขอบบ่อ เมื่อลูกปลามีความยาวประมาณ 5-7 เซนติเมตร สามารถฝึกให้กินอาหารเม็ดได้หลังจากนั้นเมื่อปลาโตขึ้นจนมีความยาว 15 เซนติเมตร ขึ้นไป จะให้อาหารเม็ดเพียงอย่างเดียวหรืออาหารเสริมชนิดต่างๆ ได้ เช่น ปลาเบ็ดผสมรำละเอียดอัตรา 9 : 1 หรือให้อาหารที่ลดต้นทุน เช่น อาหารผสมบดจากส่วนผสมต่างๆ เช่น กระดุกไก่ ไล่ไก่ เศษขนมปัง เศษเส้นหมี่ เศษเลือดหมู เลือดไก่ เศษกล้วย หรือเศษอาหารเท่าที่สามารถหาได้ นำมาบดรวมกันแล้ว

ผสมให้ปลากิน แต่การให้อาหารประเภทนี้จะต้องระวัง เรื่อง คุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงให้ดี เมื่อเลี้ยงปลาได้ประมาณ 2 เดือน ปลาจะมีขนาดประมาณ 125 กรัม/ตัว ผลผลิตจะได้ประมาณ 10 กก./บ่อ อัตรารอดตายประมาณ 80 %

3) **การถ่ายเทน้ำ** เมื่อตอนเริ่มเลี้ยงใหม่ๆ ระดับความลึกของน้ำในบ่อควรมีค่าประมาณ 30 - 40 เซนติเมตร เมื่อลูกปลาเจริญเติบโตขึ้นในเดือนแรกจึงเพิ่มระดับน้ำสูงเป็นประมาณ 50 เซนติเมตร การถ่ายเทน้ำควรเริ่มตั้งแต่การเลี้ยงผ่านไปประมาณ 1 เดือนโดยถ่ายน้ำประมาณ 20 % ของน้ำในบ่อ 3 วัน/ครั้ง หรือถ้าในบ่อเริ่มเสียจะต้องถ่ายน้ำมากกว่าปกติ

4) **การป้องกันโรค** การเกิดโรคของปลาที่เลี้ยงมักจะเกิดจากปัญหาคุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงไม่ดี ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุของการให้อาหารมากเกินไปจนอาหารเหลือเน่าเสีย เราสามารถป้องกันไม่ให้เกิดโรคได้โดยต้องหมั่นสังเกตว่าเมื่อปลาหยุดกินอาหารจะต้องหยุดให้อาหารทันที เพราะปลาดุกถูกผสมมีนิสัยชอบกินอาหารที่ให้ใหม่ โดยถึงแม้จะกินอิ่มแล้ว ถ้าให้อาหารใหม่อีกก็จะคายหรือสำรอกอาหารเก่าทิ้งแล้วกินอาหารให้ใหม่อีก ซึ่งปริมาณอาหารที่ไม่ควรเกิน 4 - 5 % ของน้ำหนักตัวปลา

2.8 แบบสอบถาม แบบสังเกต และแบบสัมภาษณ์

2.8.1 แบบสอบถาม

แบบสอบถามเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้สร้างขึ้นเพื่อวัดความคิดเห็นต่าง ๆ หรือวัดความจริงที่ไม่ทราบ อันจะทำให้ได้มาซึ่งข้อเท็จจริงทั้งในอดีต ปัจจุบัน และการคาดคะเนเหตุการณ์ในอนาคตส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของคำถามเป็นชุดๆ เพื่อวัดสิ่งที่ต้องการวัด โดยมีคำถามเป็นตัวกระตุ้นแรงเร้า ให้บุคคลตอบออกมา นับว่าเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้วัดทางด้านจิตพิสัย (Affective Domain)

แบบสอบถามมีหลายชนิดแต่ไม่ว่าจะเป็นแบบสอบถามชนิดใดจะมีโครงสร้างหรือส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

- 1) คำชี้แจงในการตอบแบบสอบถาม
- 2) สถานภาพทั่วไป ในส่วนนี้เป็นรายละเอียดส่วนตัวของผู้ตอบ
- 3) ข้อคำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมที่จะวัด จะถามเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการจะวัด

การสร้างแบบสอบถาม

แบบสอบถามมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

- 1) กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบสอบถาม ผู้สร้างแบบสอบถามต้องระบุจุดมุ่งหมายของแบบสอบถามให้ชัดเจน ระบุให้ได้ว่าแบบสอบถามจะถูกนำไปใช้ในเรื่องอะไร
- 2) กำหนดประเด็นหลัก หรือพฤติกรรมหลักที่จะวัดให้ครบถ้วนครอบคลุมว่าจะมีประเด็นอะไรบ้าง หรืออาจเรียกว่าเป็นการกำหนดกรอบแนวคิดหรือโครงสร้างของแบบสอบถาม
- 3) กำหนดชนิด หรือรูปแบบของแบบสอบถาม โดยเลือกให้เหมาะสมกับเรื่องที่จะวัด และลักษณะของกลุ่มผู้เรียน
- 4) กำหนดจำนวนข้อคำถาม โดยอาจจะกำหนดในเบื้องต้นว่าต้องการจะให้แบบสอบถามมีความยาวมากน้อยเพียงใด และคลุมประเด็นหลัก ประเด็นย่อยอย่างไรบ้าง
- 5) สร้างข้อคำถามตามจุดมุ่งหมาย ชนิดหรือรูปแบบ จำนวนข้อในประเด็นต่างๆ ที่กำหนดไว้ตามโครงสร้างของแบบสอบถาม

6) ตรวจสอบเพื่อการแก้ไข ปรับปรุง แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนแรกตรวจสอบ โดยผู้สร้างแบบสอบถามเอง ตอนที่สองตรวจสอบ พิจารณาให้คำแนะนำและวิจารณ์โดยผู้รู้หรือผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ชำนาญการ

7) นำแบบสอบถามไปทดลอง การนำไปทดลองใช้ (Try out) ควรนำไปทดลองกับกลุ่มที่มีลักษณะเหมือน หรือใกล้เคียงกับกลุ่มที่จะไปเก็บรวบรวมข้อมูลจริง

8) วิเคราะห์แบบสอบถาม โดยการนำผลจากการไปทดลองมาวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพ และปรับปรุงแบบสอบถามในส่วนที่ยังมีข้อบกพร่องต่างๆ

9) จัดพิมพ์แบบสอบถาม เพื่อเตรียมนำไปใช้จริงต่อไป

2.8.2 แบบสังเกต

แบบสังเกต (Observation form) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ประสาทสัมผัส-ทั้งห้าของผู้สังเกตในการศึกษา

การสังเกตแบ่งตามวิธีการสังเกตได้ 2 ประเภท คือ

1) การสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant observation) การสังเกตแบบนี้จะเป็นลักษณะที่ผู้สังเกตเข้าไปมีส่วนร่วมหรือทำกิจกรรมร่วมกับผู้ถูกสังเกต โดยที่ผู้ถูกสังเกตไม่รู้ตัวว่าถูกสังเกตอยู่

2) การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม (Non-participant observation) การสังเกตแบบนี้จะเป็นลักษณะที่ผู้สังเกตไม่ได้เข้าไปมีส่วนร่วมหรือไม่ได้เข้าทำกิจกรรมกับผู้สังเกต

หลักการในการสังเกต

- 1) ขณะสังเกตต้องมีเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ในการสังเกตที่ชัดเจน
- 2) ทำการสังเกตต้องสังเกตอย่างรอบคอบ ตั้งใจ และไม่ทำแบบผิวเผิน
- 3) เมื่อสังเกตเห็นสิ่งใดให้ทำการจดบันทึกไว้ทันที และไม่ลำเอียงในการจดบันทึก
- 4) ในการสังเกตบางเรื่องควรจะมีการสังเกตซ้ำ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลการสรุปที่เที่ยงตรง
- 5) ในการสังเกตต้องใช้ผู้ที่มีความรอบรู้ เป็นต้น

2.8.3 แบบสัมภาษณ์

การสัมภาษณ์ คือ การสื่อสารระหว่างบุคคลซึ่งแตกต่างจากการสนทนาโดยทั่วไป เพราะการสัมภาษณ์จะต้องมีจุดมุ่งหมาย ต้องเตรียมคำถามและติดต่อกับผู้ให้สัมภาษณ์โดยมีกำหนดเวลาที่แน่นอน การสัมภาษณ์มีจุดมุ่งหมายทำนองเดียวกับการใช้แบบสอบถาม จึงมีผู้เรียกการสัมภาษณ์ว่าเป็นแบบสอบถามปากเปล่า (Oral Questionnaire) แต่มีความแตกต่างกันตรงวิธีการ กล่าวคือ การสัมภาษณ์ ผู้สัมภาษณ์เป็นฝ่ายซักถามโดยการพูด ผู้ตอบก็ตอบโดยการพูดแล้วผู้สัมภาษณ์เป็นฝ่ายบันทึกคำตอบ ส่วนการใช้แบบสอบถาม ผู้ตอบตอบโดยการเขียนตอบลงในแบบสอบถาม

การสัมภาษณ์จะได้ข้อมูลที่ดีหรือไม่เพียงใดขึ้นอยู่กับผู้สัมภาษณ์เป็นสำคัญ ในการสัมภาษณ์บางกรณีก็มีการใช้แบบสัมภาษณ์ช่วยเป็นแนวทางสำหรับผู้สัมภาษณ์ แต่ในบางกรณีก็ไม่ได้ใช้แบบสัมภาษณ์ประกอบการสัมภาษณ์แต่อย่างใด ดังนั้นถือว่าตัวผู้สัมภาษณ์เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ส่วนแบบสัมภาษณ์เป็นเพียงเครื่องช่วยบันทึกข้อมูลด้วย เช่น แถบบันทึกเสียง โดยได้รับความยินยอมจากผู้ถูกสัมภาษณ์

ประเภทของแบบสัมภาษณ์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) การสัมภาษณ์แบบไม่มีคำถามแน่นอน (Unstructured Interview) เป็นการสัมภาษณ์ที่ไม่มีกำหนดคำถามที่แน่นอนตายตัว หรือหากมีการกำหนดไว้บ้างก็เป็นคำถามประเด็นหลัก ในการสัมภาษณ์ก็ไม่จำเป็นต้องใช้คำถามเหมือนกัน การเรียงลำดับคำถามก็ไม่ต้องเหมือนกัน ผู้ถามสามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมสถานการณ์และผู้ตอบ เป็นการสัมภาษณ์ที่ยืดหยุ่นและเปิดกว้าง ผู้ถามมีอิสระในการถามเพื่อให้ได้คำตอบตามจุดมุ่งหมายของการวิจัย ข้อมูลที่ได้รับไม่นิยามเอามาเปรียบเทียบกัน ไม่ได้มุ่งเอามาพิสูจน์สมมติฐาน นอกจากนี้คำถามที่ใช้และคำตอบที่ได้รับ อาจนำมาใช้ประโยชน์ในการสร้างแบบสัมภาษณ์ สำหรับใช้ในการสัมภาษณ์แบบมีคำถามที่แน่นอนในครั้งต่อไปได้

2) การสัมภาษณ์แบบมีคำถามที่แน่นอน (Structured Interview) เป็นการสัมภาษณ์ที่มีการกำหนดข้อคำถามไว้ล่วงหน้า และในการสัมภาษณ์ผู้ตอบแต่ละคนจะต้องได้รับการถามเช่นเดียวกัน และในลำดับขั้นตอนเดียวกันด้วย ดังนั้น การสัมภาษณ์แบบนี้จำเป็นต้องใช้แบบสัมภาษณ์ที่จัดเตรียมไว้ก่อน การสัมภาษณ์แบบมีคำถามแน่นอนช่วยให้ผู้ถาม ถามตรงประเด็นที่ต้องการ ไม่อ้อมนอกเรื่อง ไม่เกินขอบเขตที่กำหนดไว้ และข้อมูลที่ได้รับสามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้

วิธีการสร้างแบบสัมภาษณ์

การสร้างแบบสัมภาษณ์มีขั้นตอนน้อยกว่าประเภทอื่นๆ เพราะมักเป็นคำถามกว้างๆให้ผู้ตอบตอบโดยอิสระและได้ข้อมูลที่เป็นความจริงมากที่สุด ซึ่งมี 3 ขั้นตอนสำคัญ คือ

- 1) ศึกษาทฤษฎี หลักการ ตัวแปร หรือประเด็นสำคัญที่ต้องการทราบข้อมูล
- 2) สร้างข้อคำถามให้สัมพันธ์กับประเด็นหรือคำสำคัญที่ต้องการทราบข้อมูลโดยยึดหลัก ดังนี้
- 3) นำแบบสัมภาษณ์ที่ออกแบบข้อคำถามไปตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา
- 4) นำแบบสัมภาษณ์ที่ผ่านการทดสอบความตรงทดลองใช้กับผู้ที่มีลักษณะใกล้เคียง

การนำไปใช้

1) ใช้กับแบบรายบุคคล(One-On-One Interview) เป็นการแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกัน ทำให้ผู้สมัครรู้สึกเป็นกันเอง มีความรวดเร็ว ใช้กับการสัมภาษณ์ในระดับตำแหน่งที่ไม่สูงมากนัก เป็นวิธีการที่เกิดอคติได้ง่าย เช่น เสนียน พนักงานพิมพ์ดีด

2) ใช้กับแบบกลุ่ม(Group Interview) ใช้กับผู้สมัครหลายคนแลกเปลี่ยนหรือแสดงความคิดเห็นร่วมกัน ประหยัดเวลาในการสัมภาษณ์

3) ใช้กับแบบคณะกรรมการ(Board Interview) ใช้สัมภาษณ์ในตำแหน่งที่สำคัญ เป็นพนักงานระดับสูง

4) ใช้กับแบบกดดัน(Stress Interview) ทำให้ผู้สมัครเกิดอาการเครียด ยั่วให้อารมณ์เสีย ดูพฤติกรรมที่เกิดขึ้นว่าสามารถควบคุมอารมณ์ได้หรือไม่ เพียงใด เช่น งานด้านบริการ พนักงานขาย พนักงานต้อนรับ ประชาสัมพันธ์

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยของสาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัย ราชภัฏ-บุรีรัมย์ ได้ทำการศึกษาการเพิ่มโปรตีนในกากมะพร้าวโดยการหมักด้วยยีสต์และยูเรีย ในปี พ.ศ.2557 โดยมีจุดเด่น คือ จะใช้ระยะเวลาในการหมักที่ต่างกัน คือ 5 10 15 20 25 30 35 และ 40 วัน และเปรียบเทียบระหว่างกากมะพร้าวแห้งและกากมะพร้าวสด ผลจากการวิจัย พบว่า กากมะพร้าวสดที่หมักด้วยกระบวนการหมักยีสต์และยูเรีย มีระดับโปรตีนสูงกว่าการหมักกากมะพร้าวแห้งที่ระยะเวลาการหมักเดียวกัน โดยการหมักกากมะพร้าวสดที่ระยะเวลา 10 วัน สามารถทำให้มีระดับโปรตีนสูงถึงร้อยละ 34.40 ส่วนการหมักกากมะพร้าวแห้งต้องใช้เวลาในการหมักนานถึง 40 วันจึงจะทำให้มีระดับโปรตีนร้อยละ 18.87

คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช ได้ทำการศึกษาการใช้กากสลัดจ์ปาล์มน้ำมันเป็นอาหารเสริมสำหรับเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐาน (พ.ศ.2557)โดยมีการทดลองสูตร 5 สูตร คือ 1. ขี้เลื่อยไม้ยางพารา + กากสลัดจ์ปาล์มน้ำมัน 5 %

2. ขี้เลื่อยไม้ยางพารา + กากสลัดจ์ปาล์มน้ำมัน 8 %
3. ขี้เลื่อยไม้ยางพารา + กากสลัดจ์ปาล์มน้ำมัน 10 %
4. ขี้เลื่อยไม้ยางพารา + กากสลัดจ์ปาล์มน้ำมัน 15 %
5. ขี้เลื่อยไม้ยางพารา + กากสลัดจ์ปาล์มน้ำมัน 20 %

จากการศึกษาพบว่าการใช้กากสลัดจ์ปาล์มน้ำมันอัตรา 20 % ทำให้เห็ดมีผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด คือ 267.63 กรัม/ถุง และมีผลทำให้ระยะเวลาการออกดอกของเห็ดเร็วกว่าเดิม 5 %

นอกจากนี้ครูและนักเรียนโรงเรียนสิชลคุณาธารวิทยาได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนในหนอนแมลงวันที่ได้จากการหมักวิธีต่างๆ ในปี พ.ศ.2557 โดยการหมักหนอน 3 วิธี คือ หนอนหมักจากรำข้าว หนอนหมักจากเศษอาหาร และหนอนหมักจากผลไม้ จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน พบว่าหนอนที่ได้จากการหมักทั้ง 3 วิธีมีเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนในหนอนเท่ากับ 12.2 12.0 14.9 ตามลำดับ ต่อจากนั้นนำหนอนไปใช้เลี้ยงปลาช่อน โดยปลาดุกกลุ่มทดลองให้ กินหนอนหมักซีวิภาพร่วมกับอาหารสำเร็จรูปในอัตราส่วน 50:50 เทียบกับปลาดุกที่กินอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียวพบว่า ปลาดุกที่เลี้ยงด้วยหนอนกับอาหารสำเร็จรูปมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงกว่าปลาดุกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าหนอนมีโปรตีน 12-15 % ทำให้ปลาดุกเจริญเติบโตดี

จากการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ทางคณะผู้ทำโครงการงานวิจัยโรงเรียนสิชลคุณาธารวิทยา จังหวัดนครศรีธรรมราช มีความสนใจที่จะทำโครงการเกี่ยวกับการเพิ่มระดับโปรตีนในขี้เค้ก โดยทางคณะผู้จัดทำได้ตั้งชื่อเรื่องว่า ขี้เค้ก Adding Protein เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบในรูปแบบของโครงการหรืองานวิจัย และนำผลที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านการเกษตรต่อไป

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การทำโครงการวิจัยเรื่องซีเค้ก Adding Protein ทางคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหัวข้อ ดังนี้

3.1 ศึกษาดูงานการเลี้ยงแพะของเกษตรกรหมู่บ้านปลายทอน

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.3 การเปลี่ยนแปลงสภาพของซีเค้ก

3.4 ความพึงพอใจของเกษตรกร

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ศึกษาดูงานการเลี้ยงแพะของเกษตรกรหมู่บ้านปลายทอน

ทางคณะผู้วิจัยโรงเรียนสิชลคุณาธารวิทยาได้ไปศึกษาดูงานการเลี้ยงแพะโดยใช้ซีเค้กเป็นอาหารเสริมร่วมกับอาหารอื่น ๆ ของนายมุตสรินทร์ โต๊ะเด็น หรือบังบ่าว อยู่บ้านเลขที่ 84 หมู่ 7 ตำบลทุ่งปรัง อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 8 มีนาคม 2559 ซึ่งจากการศึกษาดูงาน นายมุตสรินทร์ โต๊ะเด็น ได้ให้ข้อมูลว่า ได้ให้ซีเค้กเป็นอาหารเสริมสำหรับเลี้ยงแพะโดยจะใส่ไว้ในภาชนะใส่อาหารตลอดเวลา โดยให้กินมาตั้งแต่เริ่มเลี้ยง ทำให้ช่วยลดต้นทุนการเลี้ยงแพะได้ ทำให้คณะผู้วิจัยมีความคิดว่าถ้าเราสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนในซีเค้กให้มีประมาณใกล้เคียงกับอาหารสำเร็จรูปซึ่งมีโปรตีนประมาณ 20% ก็จะช่วยลดต้นทุนการเลี้ยงแพะได้อย่างน้อยประมาณ 50% ของค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงแพะปัจจุบัน (ภาพที่ 3.1 – 3.4)



ภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.3



ตัวอย่าง อาหารสำเร็จรูปที่ให้สัตว์กินมีโปรตีนประมาณ 20%

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.2.1 การเพิ่มปริมาณโปรตีนด้วยวิธีการหมักยีสต์และยูเรีย

ก. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการหมักยีสต์และยูเรีย

- 1) ขี้เถ้า 30 กิโลกรัม
- 2) ถังหมัก ขนาด 50 ลิตร จำนวน 1 ถัง
- 3) ยีสต์ 2 กิโลกรัม
- 4) ยูเรีย 10 กิโลกรัม
- 5) น้ำตาลทราย 2 กิโลกรัม
- 6) กากน้ำตาล 8 ลิตร
- 7) น้ำปริมาณ 20 ลิตร
- 8) เครื่องปั๊มออกซิเจน 1 เครื่อง

9) ถังดำ ขนาด ขนาด 20 * 30 เซนติเมตร 1 แท็ค

10) ยางยืด ขนาดยาว 20 เซนติเมตร 30 เส้น

11) ไม้พาย 1 อัน

ข. การทำน้ำหมัก

1) ซังยีสต์ขนมปังผงสำเร็จรูป 0.25 กิโลกรัม

2) ซังตาลทรายแดง 0.5 กิโลกรัม

3) ยูเรีย 2 กิโลกรัม

4) น้ำ 2.5 ลิตร

5) และกากน้ำตาล 2.5 ลิตร

6) นำส่วนผสมข้อ 1-5 ผสมเข้าด้วยกันในถังหมักกวนให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยไม้พาย ร่วมกับการใช้ปั๊มออกซิเจนเป่าลมทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ค. การหมักซีเค้ก

1) นำซีเค้กบรรจุในถุงพลาสติกสีดำซ้อน 2 ชั้น ถังละ 1 กิโลกรัม

2) จากนั้นเติมน้ำหมักที่เตรียมไว้ถังละ 0.2 ลิตร ลงในซีเค้กที่เตรียมไว้แล้วคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วใส่อากาศออกจากถุง

3) ใช้ยางยืดมัดปากถุงหมักให้แน่นและหมักไว้เป็นเวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 สัปดาห์

4) แต่ละระยะหมักจำนวน 6 ถัง

5) ในการหมักนั้นเริ่มเริ่มหมักซีเค้กระยะเวลา 5 สัปดาห์ 4 สัปดาห์ 3 สัปดาห์ 2 สัปดาห์ และ 1 สัปดาห์ เพื่อให้ครบระยะเวลาของการหมักพร้อมกัน

6) นำซีเค้กไปวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในซีเค้กแต่ละระยะ



ภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4-3.5 การชั่งส่วนผสมที่ใช้ในการหมัก



ภาพที่ 3.6 กวนส่วนผสมของน้ำหมักให้เป็นเนื้อเดียวกัน
ด้วยไม้พายร่วมกับการใช้ปั๊มออกซิเจนเป่าลมทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชม.



ภาพที่ 3.7 นำขี้ไก่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำซ้อน 2 ชั้น ถุงละ 1 กิโลกรัม จากนั้นนำน้ำหมักที่เตรียมไว้ใส่ลงไปในขี้ไก่ ปริมาตร 0.2 ลิตร ผสมให้เข้ากัน ก่อนปิดถุงไล่อากาศออกให้หมด



ภาพที่ 3.8 ใช้ยางยืดมัดปากถุงหมักให้แน่นและหมักไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ 2 สัปดาห์ 3 สัปดาห์ 4 สัปดาห์ และ 5 สัปดาห์ เมื่อครบกำหนดนำขี้ไก่ไปวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนของขี้ไก่แต่ละระยะ

3.2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในซีเค้กโดยวิธีเจลดาล์ (Kjeldahl method)

การวิเคราะห์หมีทั้งขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง การเติมสารเคมี และการย่อยการกลั่น และไตเตรท ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ก. การเตรียมตัวอย่าง มีดังนี้

1) บันทึกข้อมูล และลักษณะของตัวอย่างอาหาร
2) เตรียมตัวอย่างอาหารโดยการอบไล่ความชื้นจนน้ำหนักคงที่บดให้ละเอียดจนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วสุมตัวอย่างโดยวิธีการแบ่งตัวอย่างออกเป็น 4 ส่วน

3) ชั่งสารตัวอย่างอาหารใส่หลอดย่อย ถ้าเป็นของแข็งให้ชั่ง 0.1 มิลลิกรัม โดยใช้ชั่งเครื่องทศนิยม 4 ตำแหน่ง ถ้าตัวอย่างมีปริมาณไนโตรเจนมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ชั่งน้ำหนักประมาณ 0.5 กรัม และตัวอย่างที่มีไนโตรเจนน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ชั่งน้ำหนักประมาณ 0.1 กรัม ส่วนตัวอย่างเป็นของเหลวให้ตวงด้วยปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร โดยใช้ตัวอย่างสูงสุดไม่เกิน 50 มิลลิลิตร

ข. การเติมสารเคมี หลังจากชั่งตัวอย่างอาหารใส่หลอดย่อยแล้ว เติมตัวเร่งปฏิกิริยา คือ ซีลีเนียม 5 กรัม หรือสารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟตกับไดโพลเฮกซะเมทิลเฟตในอัตราส่วน 95:5 จำนวน 7 กรัม เติมกรกชัลฟิวริกเข้มข้น จำนวน 15-20 มิลลิลิตร สำหรับชุดควบคุม ให้ทำเช่นเดียวกันแต่ไม่ต้องเติมตัวอย่าง

ค. การย่อย มีขั้นตอนดังนี้

1) วางหลอดย่อยในเตาย่อย โดยใส่หลอดย่อยให้ครบจำนวนหลุมของเตาย่อยถึงแม้จะวิเคราะห์จำนวนตัวอย่างน้อยก็ตาม และประกอบเข้ากับชุดกำจัดไอรกแล้วรัดสายยางฝาครอบให้สนิท ซึ่งเครื่องกำจัดไอรกจะมีต่างเข้มน้อยภายในเพื่อทำหน้าที่จับกับไอรกที่ออกมา ก่อนใช้งานควรตรวจสอบสภาพของต่างที่ใช้ในการจับไอรกก่อนว่ามีปริมาณเพียงพอต่อการจับกรดในระหว่างโดยสังเกตการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ ถ้ายังเป็นสีน้ำเงินแสดงว่ามีต่างอยู่มาก แต่ถ้าเป็นสีเหลือง (ดังภาพ 4.5 ก) แสดงว่าต่างหมดแล้ว

2) เปิดสวิทช์เครื่องดักจับไอรกและเตาย่อยให้ความร้อน โดยการปรับปุ่มความร้อนไปที่ตำแหน่ง 10 เป็นเวลา 10 นาที และปรับความร้อนมาที่ตำแหน่ง 8 ย่อยต่ออีก 60 นาที จนได้สารละลายใสมีสีฟ้า ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารตัวอย่าง

3) หลังจากการย่อยเสร็จ รอให้อุณหภูมิหลอดต่ำกว่าจุดเดือด แล้วนำหลอดย่อยออกจากเครื่องย่อยสารมาวางไว้บนตะแกรง เพื่อให้หลอดย่อยเย็นตัวลง

4) ถ่ายลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วใช้น้ำกลั่นล้างหลอดย่อยจนหมดตัวอย่างปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น(ภาพที่ 4.5ข)เก็บไว้กลั่นในขั้นตอนต่อไป

ง. ขั้นตอนการกลั่นและไตเตรท

1) นำขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่บรรจุสารละลายกรดบอริกความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 80 มิลลิลิตร เติมนินดิเคเตอร์แล้วนำไปรองรับของเหลวที่กลั่นได้โดยสารส่วนปลายท่อของอุปกรณ์ความแน่นจุ่มในสารละลายกรดบอริก

2) ดูดสารละลายตัวอย่างที่เจือจางแล้วด้วยปิเปตแบบกระเปาะขนาดบรรจุ 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดย้อยตัวอย่าง เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 80 มิลลิลิตรแล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 60 มิลลิลิตร หรือตั้งให้เครื่องกลั่นทำงานตามสภาวะนี้ในกรณีที่เครื่องกลั่นทำงานแบบอัตโนมัติ

3) กลั่นรับของเหลวประมาณ 3 นาที ล้างปลายท่อของอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรูปชมพู่ที่รองรับ

4) ไตรเตทสารละลายที่กลั่นได้ ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ซึ่งผ่านการทำให้เป็นมาตรฐานมาแล้ว จนได้สารละลายเปลี่ยนสีเขียวอมฟ้ากลายเป็นสีชมพูหรือสีส้ม แสดงว่าถึงจุดยุติ

จ. บันทึกการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลในระหว่างทำการทดลองเพื่อป้องกันความผิดพลาดและให้ผลการทดลองที่ได้ความถูกต้องมากที่สุด ให้บันทึกผลการทดลองในตารางบันทึกผลการวิเคราะห์

ฉ. การคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและโปรตีน มีดังนี้

วิธีการคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด คำนวณได้จากปริมาณไนโตรเจน 0.0014 กรัม จะทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ดังนั้น ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดจึงคำนวณได้ดังสูตร

$$\begin{aligned}\text{ไนโตรเจนทั้งหมด(เปอร์เซ็นต์)} &= \text{ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิกรัม)} \\ &= \text{ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทชุดควบคุม (มิลลิกรัม)}\end{aligned}$$

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (นอร์มอล)

D = อัตราการเจือจาง

E = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มิลลิกรัม)

การคำนวณหาปริมาณโปรตีนในรูปของโปรตีนอย่างหยาบสามารถคำนวณได้จากปริมาตร

ไนโตรเจนทั้งหมดคูณแฟกเตอร์ของตัวอย่างอาหารแต่ละชนิด(4.6)สูตรการคำนวณ ดังนี้

$$\text{โปรตีนอย่างหยาบ (เปอร์เซ็นต์)} = \text{ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)} \times \text{แฟกเตอร์}$$

3.2.3 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป กับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปกับขี้เค้กในอัตราส่วน 50 : 50

ก. การทำบ่อปลา

จากการประชุมวางแผนกันของคณะผู้จัดทำโครงการ สรุปได้ว่า จะเลี้ยงปลาในบ่อซีเมนต์ เนื่องจากในโรงเรียนมีปลาดุกเดิมที่เคยใช้ในการทำโครงการหนอนหมักชีวภาพ ซึ่งมีวิธีการปรับปรุงใหม่ ดังนี้

1) ทำความสะอาดบ่อซีเมนต์ที่เตรียมไว้สำหรับเลี้ยงปลาดุกจำนวน 2 บ่อให้สะอาดจากนั้นนำรังผึ้งมาติดรูปภายในบ่อเพื่อป้องกันไม่ให้ปลาดุกออกจากบ่อในขณะที่เปลี่ยนน้ำ

2) วางท่อน้ำใหม่เพื่อสะดวกในการเปลี่ยนน้ำโดยนำท่อพีวีซีมาวางไปยังบ่อปูนซีเมนต์ที่เลี้ยงปลาดุกทั้งสองบ่อ

3) นำท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว มาต่อเข้ากับวาล์วน้ำสำหรับเปิดน้ำทั้งสองบ่อ

4) นำท่อพลาสติกพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 50 เซนติเมตร

นำมาสวมกับข้อต่อที่เป็นทางน้ำออก โดยเจาะรูท่อสูงจากพื้นบ่อประมาณ 20 เซนติเมตร เพื่อรักษาระดับน้ำและป้องกันเวลาน้ำล้นบ่อ เมื่อปลาดุกอายุครบสองอาทิตย์ให้กลับด้านและเจาะรูสูงขึ้นประมาณ 10 เซนติเมตร

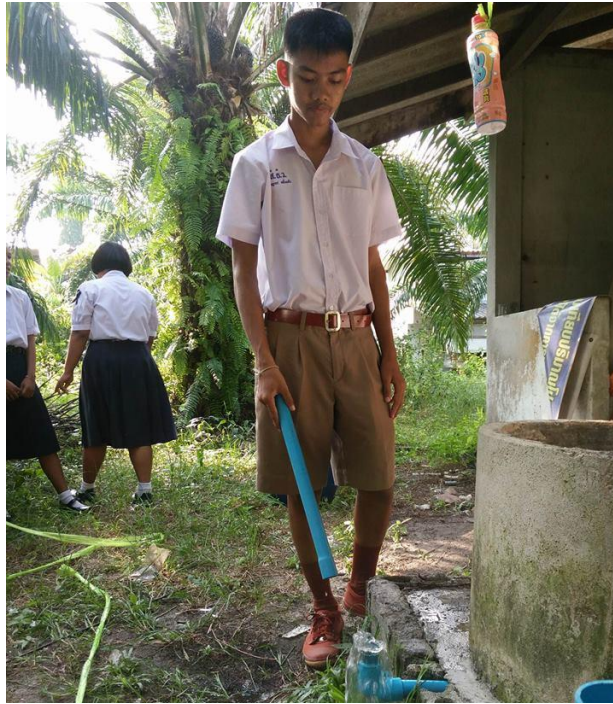
5) นำมะขามเปียกมาทำให้ทั่วบ่อด้านในทั้งสองบ่อเพื่อลดความเป็นเบสของบ่อทิ้งไว้ 1-2 วัน ก็พร้อมสำหรับเลี้ยงปลาดุกอายุ 1 เดือน



ภาพที่ 3.9 การวางท่อวางท่อน้ำใหม่เพื่อสะดวกในการเปลี่ยนน้ำ



ภาพที่ 3.10 นำท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว มาต่อกับวาล์วสำหรับเปิดน้ำทั้งสองบ่อ



ภาพที่ 3.11 ท่อ 1 นิ้ว ยาว 50 เซนติเมตรนำมาสวมกับข้อต่อที่เป็นทางน้ำออกสำหรับเปลี่ยนน้ำ

ข. การเลี้ยงปลาตก

ในการเลี้ยงปลาตกเพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาตกครั้งนี้ เป็นการเลี้ยงโดยการเป็นบ่อที่ 1 ใช้อาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียวกับบ่อที่ 2 เลี้ยงโดยปลาตกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปกับขี้เค้กในอัตราส่วน 50 : 50

1) เปิดน้ำใส่ในบ่อให้สูงจากพื้นบ่อประมาณ 20 เซนติเมตร ซึ่งพอถึงจุดนั้น น้ำจะล้นออกจากรูเจาะไว้ เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงปลาตก ทั้งไว้ 1-2 วันก็พร้อมสำหรับเลี้ยงปลาตกอายุ 1 เดือน

2) แบ่งบ่อปลาตกเป็น 2 บ่อ โดยบ่อที่ 1 เป็นบ่อที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว บ่อที่ 2 เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปกับขี้เค้กในอัตราส่วน 50:50

3) นำปลาตกพันธุ์สเซียซึ่งเป็นปลาตกพันธุ์ที่มีขายตามร้านเกษตร และเลี้ยงกันทั่วไปในท้องถิ่นอายุประมาณ 1 เดือน มาจำนวน 100 ตัว ใส่ลงไปแต่ละบ่อๆละ 50 ตัว

4) ในระยะเวลา 2 สัปดาห์แรกของการเลี้ยงปลาตกจะให้อาหารสำเร็จรูปทั้ง บ่อเพื่อศึกษาปริมาณอาหารที่ปลาตกกินพบว่าปลาตกกินวันละ 5 กรัมต่อครั้ง วันละ 3 ครั้ง คือตอนเช้า ตอนเที่ยงและตอนเย็น เมื่อเลี้ยงไปครบ 1 สัปดาห์

5) ชั่งน้ำหนักของปลาตกแต่ละบ่อ หาค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปลาตกแต่ละตัว ซึ่งเป็นน้ำหนักก่อนทดลองเลี้ยงเพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาตกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว กับปลาตกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปกับขี้เค้ก

- 6) สัปดาห์ที่ 3-5 ทำการเลี้ยงโดยบ่อที่ 1 เลี้ยงปลาด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว บ่อที่ 2 เลี้ยงปลาด้วยอาหารสำเร็จรูปกับขี้ไก่ในอัตราส่วน 50:50
- 7) เมื่อครบสัปดาห์ที่ 1 ชั่งน้ำหนักของปลาทุกแต่ละตัว
- 8) เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว กับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปกับขี้ไก่ ด้วยค่าสถิติ t-test



ภาพที่ 3.12 เปิดน้ำใสในบ่อให้สูงจากพื้นบ่อประมาณ 20 เซนติเมตร
เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับเลี้ยงปลา



ภาพที่ 3.13 นำปลาดุกพันธุ์รัสเซียซึ่งเป็นปลาดุกพันธุ์ที่มีขายตามร้านเกษตร และเลี้ยงกันทั่วไปในท้องถิ่นอายุประมาณ 1 เดือน มาจำนวน 100 ตัว ไล่ลงไปแต่ละบ่อๆ ละ 50 ตัว



ภาพที่ 3.14 บ่อทดลองจะให้อาหารสำเร็จรูปและซีเค้ก วันละ 3 ครั้ง คือ ตอนเช้า ตอนเที่ยงและเย็น ส่วนบ่อควบคุมให้อาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว



ภาพที่ 3.15 ชั่งน้ำหนักของปลาดุกแต่ละบ่อ หาค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปลาดุกแต่ละตัวซึ่งเป็นน้ำหนักก่อนทดลองเลี้ยงเพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียวกับปลาดุกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปกับขี้ไก่



ภาพที่ 3.16 เมื่อครบ 1 สัปดาห์ที่ ชั่งน้ำหนักของปลาดุกเพื่อหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปลาดุกแต่ละตัว

3.3 การเปลี่ยนแปลงสภาพของขี้เค้ก

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพของขี้เค้กนั้น เราจะใช้ขี้เค้กที่ผ่านการหมักในระยะเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ โดยมีกระบวนการดังนี้

- 1) นำขี้เค้กที่ผ่านการหมักครบ 1 สัปดาห์ นำมาปั่นเป็นก้อนเล็กๆ และนำไปตากแดด ให้แห้งสนิท จากนั้นนำมาเก็บไว้
- 2) นำขี้เค้กที่ผ่านการหมัก 2,3 และ 4 สัปดาห์ มาทำเช่นเดียวกับข้อที่ 1 ที่กล่าวมา
- 3) ดูการเปลี่ยนแปลงสภาพของขี้เค้กที่เก็บไว้ สังเกตและบันทึกผลในแต่ละวัน (มีราขึ้นบนขี้เค้กที่เก็บไว้)



ภาพที่ 3.17 ขี้เค้กในสัปดาห์แรกจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงสภาพ



ภาพภาพที่ 3.18 ขี้เค้กที่เก็บไว้ในระยะเวลา 8 และ 10 วันที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพ

3.4 ความพึงพอใจของเกษตรกร

หลังจากหมักขี้คั๊กเพื่อเพิ่มโปรตีน ครบ 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ จากนั้นนำไปให้เกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ คือ นาย มุตสรินทร์ โต๊ะเต็น โดยนำไปเลี้ยงแพะในระยะเวลา 7 วัน และ สอบถามความพึงพอใจ รายละเอียดดังนี้

- (1) นำขี้คั๊กที่ผ่านกระบวนการหมักด้วยยีสต์และยูเรียมาให้เกษตรกรทดลองใช้ โดยนำขี้คั๊กที่หมักครบ 1 2 และ 3 สัปดาห์ อย่างละ 2 ถัง และขี้คั๊กที่หมักครบ 4 สัปดาห์ จำนวน 1 ถัง รวมเป็น 7 ถัง หนักถังละประมาณ 1 กิโลกรัม ไปให้นายมุตสรินทร์ โต๊ะเต็น ทดลองใช้
- (2) นำไปให้แพะกินเป็นอาหารเสริมร่วมกับอาหารชนิดอื่น วันละ 1 กิโลกรัมเป็นระยะเวลา 7 วัน เก็บข้อมูลของการกินขี้คั๊กของแพะ
- (3) การเก็บข้อมูล จะใช้เครื่องมือในการเก็บ 3 แบบ ดังนี้ แบบสังเกต แบบสอบถาม และ แบบสัมภาษณ์ ของขี้คั๊กในการเลี้ยงแพะ
- (4) สรุปความพึงพอใจของเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ นายมุตสรินทร์ โต๊ะเต็น



ภาพที่ 3.19 นำขี้คั๊กไปเลี้ยงแพะและสังเกตการกินของแพะ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

- 3.5.1 การหาปริมาณโปรตีนในชี้เค้กที่ได้จากการหมักวิธีต่างๆ ใช้การคำนวณและการวิเคราะห์ทางเคมี (แสดงในหัวข้อที่ 3.2.2)
- 3.5.2 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปและชี้เค้ก (กลุ่มทดลอง) กับปลาดุกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป (กลุ่มควบคุม) นั้นทางคณะผู้ทำโครงการได้วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้
- ก. สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล
- 1) ค่าเฉลี่ย
 - 2) วิธีการทางสถิติแบบ t-test (Scott. 1962 : 264) ที่เป็นค่าความแตกต่าง

ของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน จากสูตร

$$t = \frac{MD_1 - MD_2}{S_{MD_1 - MD_2}} ; df = n_1 + n_2 - 2$$

$$\text{เมื่อ } S_{MD_1 - MD_2} = \sqrt{\frac{S^2 D}{n_1} + \frac{S^2 D}{n_2}}$$

$$\text{และ } S^2 D = \frac{\sum (D_1 - MD_1)^2 + \sum (D_2 - MD_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

เมื่อ	t	แทน ค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการพิจารณาทดสอบการเจริญเติบโตของปลาดุก
	D ₁	แทน ผลต่างของน้ำหนักก่อนทดลองกับน้ำหนักหลังทดลองของปลาดุกแต่ละตัวในกลุ่มทดลอง
	D ₂	แทน ผลต่างของน้ำหนักก่อนทดลองกับน้ำหนักหลังทดลองของปลาดุกแต่ละตัวในกลุ่มควบคุม
	MD ₁	แทน ค่าเฉลี่ยของผลต่างของน้ำหนักหลังทดลองกับก่อนทดลองของปลาดุกแต่ละตัวในกลุ่มทดลอง
	MD ₂	แทน ค่าเฉลี่ยของผลต่างของน้ำหนักหลังทดลองกับก่อนทดลองของปลาดุกแต่ละตัวในกลุ่มกลุ่มควบคุม
	S ² D	แทน ค่าความแปรปรวนของผลต่างของน้ำหนักของปลาดุกหลังทดลองกับก่อนทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
	n ₁	แทน จำนวนปลาดุกในกลุ่มทดลอง
	n ₂	แทน จำนวนปลาดุกในกลุ่มควบคุม

ข. การวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

N	แทน จำนวนปลาดุกในกลุ่มตัวอย่าง
X_1	แทน ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักปลาดุกก่อนการทดลอง
X_2	แทน ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักปลาดุกหลังการทดลอง
t	แทน ค่าสถิติที่ใช้ในการพิจารณาสอบค่าคะแนนที่
MD	แทน ความแปรปรวนของน้ำหนักผลต่างระหว่างหลังการทดลองกับ ก่อนการทดลอง
$S_{MD_1-MD_2}$	แทน ความแปรปรวนของคะแนนผลต่างระหว่างกลุ่มทดลองและ กลุ่มควบคุม

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

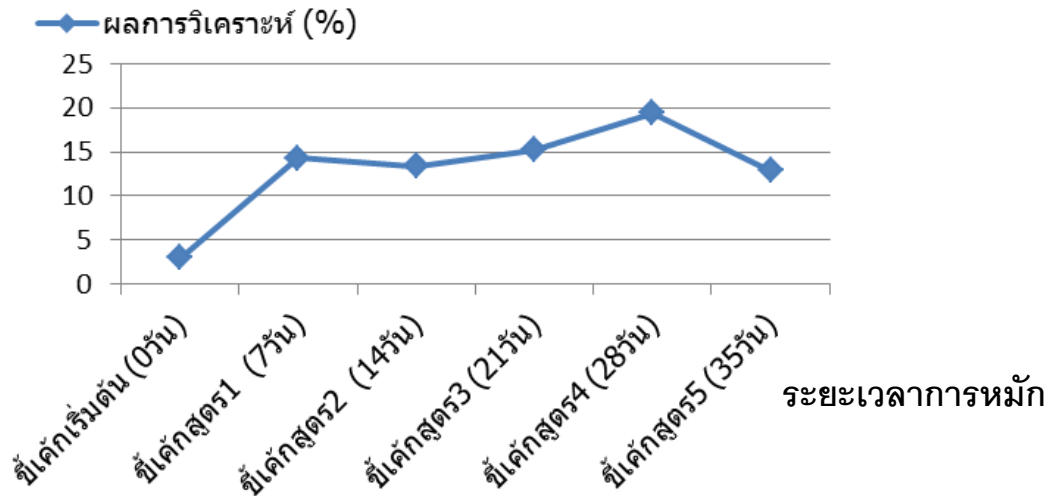
การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาการเพิ่มปริมาณโปรตีนในซีแค้กที่เกิดจากการหมักยีสต์และยูเรียในระยะเวลาต่างๆ หาระยะเวลาที่หมักที่เหมาะสมในการนำไปใช้จริงและเปรียบเทียบ การเจริญเติบโตของปลาตุ๊กที่เลี้ยงด้วยซีแค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรียกับอาหารสำเร็จรูปอัตราส่วน 50 : 50 กับปลาตุ๊กที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพของซีแค้กเพื่อระยะเวลาการคงสภาพจนไปถึงการเริ่มเปลี่ยนแปลงสภาพและบูดเน่าในที่สุด นอกจากนี้ยังมีการวัดความพึงพอใจของเกษตรกรในท้องถิ่นในการนำซีแค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรียไปทดลองใช้เป็นอาหารในการเลี้ยงแพะ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ คณะผู้วิจัยขอเสนอข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

- 4.1 ผลการศึกษาการเพิ่มระดับของโปรตีนในซีแค้กที่เกิดจากการหมักยีสต์และยูเรียในระยะเวลาต่างๆ
 ดังนี้ ระยะเวลา 7 วัน, 14 วัน, 21 วัน, 28 วัน และระยะเวลา 35 วัน ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน แสดงในตารางที่ 4.1 และกราฟที่ 1

ตาราง 4.1 ปริมาณโปรตีนในซีแค้กที่เกิดจากการหมักยีสต์และยูเรียในระยะเวลาต่าง ๆ

ชื่อสารตัวอย่าง	ผลการวิเคราะห์ (%)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ซีแค้กเริ่มต้น (0วัน)	3.0	-	-	3.0
ซีแค้กสูตร 1 (7วัน)	15.4	12.7	14.8	14.3
ซีแค้กสูตร 2 (14วัน)	14.3	13.2	12.8	13.4
ซีแค้กสูตร 3 (21วัน)	15.2	14.6	15.7	15.2
ซีแค้กสูตร 4 (28วัน)	19.5	19.2	19.6	19.4
ซีแค้กสูตร 5 (35วัน)	12.8	12.9	-	12.9

กราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสูตรซีเค้กที่หมักตามระยะเวลาต่าง ๆ กับปริมาณโปรตีน (เปอร์เซ็นต์)



จากตารางที่ 4.1 และกราฟที่ 1 พบว่า ร้อยละของโปรตีนน้ำหนักสดในซีเค้กเริ่มต้นที่ยังไม่ได้ทำการหมักมีปริมาณโปรตีน คิดเป็นร้อยละ 3.0 ส่วนซีเค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และอยู่เรียงตามระยะเวลาต่างๆ ดังนี้ ซีเค้กสูตร 1 หมักเป็นเวลา 7 วัน มีปริมาณโปรตีน คิดเป็นร้อยละ 14.3 ส่วนซีเค้กสูตร 2 หมักเป็นเวลา 14 วัน มีปริมาณโปรตีน คิดเป็นร้อยละ 14.3 ส่วนซีเค้กสูตร 3 หมักเป็นเวลา 21 วัน มีปริมาณโปรตีน คิดเป็นร้อยละ 15.2 ส่วนซีเค้กสูตร 4 หมักเป็นเวลา 28 วัน มีปริมาณโปรตีน คิดเป็นร้อยละ 19.4 และซีเค้กสูตร 5 หมักเป็นเวลา 35 วัน มีปริมาณโปรตีน คิดเป็นร้อยละ 12.9 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนในซีเค้กหมักยีสต์และอยู่เรียงของแต่ละสูตรมีปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกัน

สำหรับซีเค้กมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดคือ ซีเค้กสูตร 4 ที่หมักเป็นเวลา 28 วัน มีปริมาณโปรตีน คิดเป็นร้อยละ 19.4 เพิ่มขึ้นจากซีเค้กเริ่มต้นถึงร้อยละ 16.0 (โดยซีเค้กเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านการหมักมีโปรตีนร้อยละ 3.0) ส่วนซีเค้กที่มีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุด คือ ซีเค้กสูตร 5 ที่หมักเป็นเวลา 35 วัน มีปริมาณโปรตีน คิดเป็นร้อยละ 12.9

4.2 ผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกที่เลี้ยงด้วยขี้เค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรีย กับอาหารสำเร็จรูปอัตราส่วน 50 : 50 กับปลาดุกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว แสดงในตารางที่ 4.2

ตาราง 4.2 ผลการเจริญเติบโตของปลาดุกที่เลี้ยงด้วยขี้เค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรียกับอาหารสำเร็จรูปอัตราส่วน 50 : 50 กับปลาดุกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว

กลุ่มตัวอย่าง (ชนิดของอาหาร)	N	X ₁	X ₂	MD	S _{MD₁-MD₂}	t
กลุ่มทดลอง (อาหารสำเร็จรูป กับขี้เค้กหมักยีสต์ และยูเรีย 50:50)	50	16.50	27.60	11.1	0.01	3.08
กลุ่มควบคุม (อาหารสำเร็จรูป)	50	14.94	22.96	8.02		

$$t (.01, 100) = 2.364$$

สัญลักษณ์ต่างในตารางที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

N แทน จำนวนปลาดุกในกลุ่มตัวอย่าง
X₁ แทน ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักปลาดุกก่อนการทดลองในหน่วยกรัม
X₂ แทน ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักปลาดุกหลังการทดลองในหน่วยกรัม
t แทน ค่าสถิติที่ใช้ในการพิจารณาสอบค่าที่
MD แทน ความแปรปรวนของน้ำหนักผลต่างระหว่างหลังการทดลองกับ
 ก่อนการทดลอง

S_{MD₁-MD₂} แทน ความแปรปรวนของคะแนนผลต่างระหว่างกลุ่มทดลองและ
 กลุ่มควบคุม

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ค่า t จากการคำนวณมีเท่ากับ 3.08 ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่า t จากตารางซึ่ง มีค่าเท่ากับ 2.364 แสดงว่าน้ำหนักเฉลี่ยปลาดุกที่เลี้ยงด้วยขี้เค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรียกับอาหารสำเร็จรูปอัตราส่วน 50 : 50 มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงกว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลาดุกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว ในการทดลองเป็นเวลานาน 1 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพซีเค็กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรีย ที่หมักนานเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์, 2 สัปดาห์, 3 สัปดาห์ และระยะเวลา 4 สัปดาห์ ได้ผลดังตาราง

ตาราง 4.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพซีเค็กในระยะเวลาต่าง ๆ

ลักษณะของซีเค็กที่สังเกตได้				
วันที่	สัปดาห์ 1 (7 วัน)	สัปดาห์ 2 (14 วัน)	สัปดาห์ 3 (21 วัน)	สัปดาห์ 4 (28 วัน)
1	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
2	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
3	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
4	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
5	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
6	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
7	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
8	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
9	เริ่มมีเชื้อราเล็กน้อย	เริ่มมีเชื้อราเล็กน้อย	เริ่มมีเชื้อราเล็กน้อย	ปกติ
10	เริ่มมีเชื้อราเล็กน้อย	เริ่มมีเชื้อราเล็กน้อย	เริ่มมีเชื้อราเล็กน้อย	ปกติ
11	เริ่มมีเชื้อราเล็กน้อย	เริ่มมีเชื้อราเล็กน้อย	เริ่มมีเชื้อราเล็กน้อย	เริ่มมีเชื้อราเล็กน้อย
12	เริ่มมีเชื้อราเล็กน้อย	เริ่มมีเชื้อราเล็กน้อย	เริ่มมีเชื้อราเล็กน้อย	เริ่มมีเชื้อราเล็กน้อย
13	เริ่มมีเชื้อราค่อนข้างมาก	เริ่มมีเชื้อราค่อนข้างมาก	เริ่มมีเชื้อราค่อนข้างมาก	เริ่มมีเชื้อราเล็กน้อย
14	เริ่มมีเชื้อราค่อนข้างมาก	เริ่มมีเชื้อราค่อนข้างมาก	เริ่มมีเชื้อราค่อนข้างมาก	เริ่มมีเชื้อราเล็กน้อย
15	มีเชื้อราทั้งหมด	มีเชื้อราทั้งหมด	มีเชื้อราทั้งหมด	เริ่มมีเชื้อราค่อนข้างมาก
16				เริ่มมีเชื้อราค่อนข้างมาก
17				มีเชื้อราทั้งหมด

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพของซีเค็ก พบว่า ซีเค็กที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์และยูเรีย ในระยะเวลา 1 สัปดาห์ 2 สัปดาห์ และ 3 สัปดาห์ มีการเปลี่ยนแปลงสภาพที่เหมือนกัน คือ มีการคงสภาพปกติเป็นระยะเวลา 8 วัน และเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงในวันที่ 9 และเน่าเสียวันที่ 15 ส่วนซีเค็กที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์และยูเรียเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีการคงสภาพปกติเป็นระยะเวลา 10 วัน และเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงในวันที่ 11 และเน่าเสียวันที่ 17

4.4 ผลการศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อการการนำขี้คั๊กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรีย ไปใช้เป็นอาหารแพะเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ณ บ้านปลายทอน ตำบลทุ่งปรัง อำเภอสีชล จังหวัดนครศรีธรรมราช คณะผู้วิจัยขอรายงานผลการศึกษา ดังนี้

4.4.1 ผลการศึกษาจากแบบสอบถามความพึงพอใจของเกษตรกรต่อการนำขี้คั๊กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรีย ไปใช้เป็นอาหารแพะเป็นเวลา 1 สัปดาห์ เป็นดังนี้

แบบสอบถามความพึงพอใจของนายมุตสรินทร์ โต๊ะเด็น หรือบังบัว					
ต่อการนำขี้คั๊กที่ผ่านการหมักด้วยยีสและยูเรียมาใช้ในการเลี้ยงแพะเป็นเวลา 7 วัน					
รายการที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจของเกษตรกร				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ความพึงพอใจต่อลักษณะทางกายภาพของขี้คั๊กได้แก่ สีและกลิ่น		✓			
2. ความสะดวกในการนำขี้คั๊กไปใช้เป็นอาหาร		✓			
3. ความต่อเนื่องในการกินขี้คั๊กของแพะ		✓			
4. ระยะเวลาในการกินขี้คั๊กของแพะจนหมด		✓			
5. การใช้ขี้คั๊กเป็นอาหารแพะเพียงอย่างเดียว			✓		
6. การใช้ขี้คั๊กผสมกากถั่วเหลืองในอัตราส่วน 5:1 ให้แพะกินเป็นอาหาร		✓			
7. ลักษณะของแพะหลังจากกินขี้คั๊กไปแล้ว 15 นาที		✓			
8. ลักษณะของแพะหลังจากกินขี้คั๊กไปแล้ว 7 วัน		✓			
9. ขี้คั๊กมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นอาหารหลักของแพะ			✓		
10. ขี้คั๊กมีความเหมาะสมที่จะเป็นอาหารเสริมร่วมกับอาหารชนิดอื่น ๆ ของแพะ		✓			

ลงชื่อ.....มุตสรินทร์ โต๊ะเด็น

(นายมุตสรินทร์ โต๊ะเด็น)

เกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ บ้านปลายทอน

ต.ทุ่งปรัง อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช

4.4.2 ผลการศึกษาจากแบบสังเกตความพึงพอใจของเกษตรกรต่อการนำขี้คั้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรีย ไปใช้เป็นอาหารแพะเป็นเวลา 1 สัปดาห์ เป็นดังนี้

แบบสังเกตความพึงพอใจของนายมุดสรินทร์ โต๊ะเต็น หรือบังบัว					
ต่อการนำขี้คั้กที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์และยูเรียมาใช้ในการเลี้ยงแพะเป็นเวลา 7 วัน					
รายการที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจของเกษตรกร				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ความพึงพอใจต่อลักษณะทางกายภาพของขี้คั้กได้แก่ สีและกลิ่น		✓			
2. ความสะดวกในการนำขี้คั้กไปใช้เป็นอาหาร		✓			
3. ความต่อเนื่องในการกินขี้คั้กของแพะ		✓			
4. ระยะเวลาในการกินขี้คั้กของแพะจนหมด		✓			
5. การใช้ขี้คั้กเป็นอาหารแพะเพียงอย่างเดียว			✓		
6. การใช้ขี้คั้กผสมกากถั่วเหลืองในอัตราส่วน 5:1 ให้แพะกินเป็นอาหาร		✓			
7. ลักษณะของแพะหลังจากกินขี้คั้กไปแล้ว 15 นาที		✓			
8. ลักษณะของแพะหลังจากกินขี้คั้กไปแล้ว 7 วัน		✓			
9. ขี้คั้กมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นอาหารหลักของแพะ			✓		
10. ขี้คั้กมีความเหมาะสมที่จะเป็นอาหารเสริมร่วมกับอาหารชนิดอื่น ๆ ของแพะ		✓			

ลงชื่อ.....เจษฎากร.....

(นายเจษฎากร หมั่นแก้ว)

ผู้สังเกตพฤติกรรมเกษตรกร

ตัวแทนคณะวิจัยโรงเรียนสืขลคุณาธารวิทยา

4.4.3 ผลการศึกษาจากสัมภาษณ์ความพึงพอใจของเกษตรกรต่อการนำขี้คั้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรีย ไปใช้เป็นอาหารแพะเป็นเวลา 1 สัปดาห์ เป็นดังนี้

แบบสัมภาษณ์

เรื่อง ความพึงพอใจของนายมุตสรินทร์ โต๊ะเต็น ต่อการนำขี้เค้กที่ผ่านการหมักด้วยยีสและยูเรียมาใช้ในการเลี้ยงแพะเป็นเวลา 7 วัน

1. ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์

ชื่อ – นามสกุล นายมุตสรินทร์ โต๊ะเต็น หรือ บังบัว

สถานที่สัมภาษณ์ บ.84 ม.7 ต.ทุ่งปรัง อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช

สัมภาษณ์เมื่อวันที่ 5 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2559

2. คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

- 1) ความพึงพอใจต่อลักษณะทางกายภาพของขี้เค้ก เช่น กลิ่น สี
- 2) ความสะดวกในการนำขี้เค้กมาใช้เป็นอาหารในการเลี้ยงแพะ
- 3) ระยะเวลาในการกินขี้เค้กของแพะจนหมด
- 4) ลักษณะของแพะเมื่อกินขี้เค้กไปแล้ว 15 นาที และ 7 วัน
- 5) ขี้เค้กเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นอาหารหลักหรืออาหารเสริมร่วมกับอาหารอื่นของแพะ

3. สรุปประเด็นที่ได้จากการสัมภาษณ์

- 1) เกษตรกรใช้คำว่า ใช้ได้ กลิ่นหอมเหมือนของหมัก โดยรวมลักษณะของขี้เค้กเป็นที่พอใจของบังบัว
- 2) บังบัวบอกว่า การนำขี้เค้กไปให้แพะกินไม่มีปัญหา แค่เปิดถุงหมักแล้วนำไปใส่ภาชนะใช้งานไม่ยาก
- 3) บังบัวพูดว่า แพะจะดมกลิ่นขี้เค้กก่อนกิน แต่เมื่อกินแล้วก็จะกินหมดเหมือนอาหารทั่วไป
- 4) บังบัวพูดถึงแพะว่า เมื่อกินขี้เค้กเสร็จในตอนแรกและผ่านไป 7 วัน ก็ปกติดี
- 5) บังบัวพูดว่าในตอนแรกการนำอาหารชนิดใหม่ เช่น ขี้เค้กมาให้แพะกิน ต้องให้กินร่วมกับอาหารเดิมที่แพะเคยกินมาก่อน จึงสรุปได้ว่า ขี้เค้กควรให้แพะกินเป็นอาหารเสริม

ลงชื่อผู้ให้สัมภาษณ์.....มุตสรินทร์ โต๊ะเต็น..... (นายมุตสรินทร์ โต๊ะเต็น) เกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ บ้านปลายทอน ต.ทุ่งปรัง อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช	ลงชื่อผู้สัมภาษณ์.....นางสาวนลพรรณ สมหาใหญ่..... (นางสาวนลพรรณ สมหาใหญ่) นักเรียนผู้ร่วมทำวิจัยโรงเรียนสิชลคุณาธารวิทยา อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช
ลงชื่อผู้จัดบันทึก.....กัญญา กัมแสง..... (นางสาวกัญญา กัมแสง) นักเรียนผู้ร่วมทำวิจัยโรงเรียนสิชลคุณาธารวิทยา อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช	ลงชื่อผู้ตรวจสอบ.....อ.อติศักดิ์ บุญพิศ..... (นายอติศักดิ์ บุญพิศ) ครูผู้ร่วมทำวิจัยโรงเรียนสิชลคุณาธารวิทยา อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การทำโครงการวิจัยเรื่องซีเค้ก Adding Protein ในครั้งนี้ คณะผู้ทำโครงการวิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์ทั้งหมด 4 ข้อด้วยกัน จากการตรวจสอบสมมติฐานตามวัตถุประสงค์ คณะผู้ทำโครงการวิจัยขอเสนอการสรุปผลการอภิปรายผลและข้อเสนอแนะงานวิจัยตามลำดับดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.2 สมมติฐานของการวิจัย

5.3 สรุปผลการวิจัย

5.4 อภิปรายผล

5.5 ข้อเสนอแนะ

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเพิ่มระดับโปรตีนในซีเค้กที่เกิดจากการหมักยีสต์และยูเรีย ในระยะเวลาต่างๆ ดังนี้ ระยะเวลา 1 สัปดาห์, 2 สัปดาห์, 3 สัปดาห์, 4 สัปดาห์ และระยะเวลา 5 สัปดาห์

5.1.2 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาตู้ที่เลี้ยงด้วยซีเค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรีย กับอาหารสำเร็จรูปอัตราส่วน 50 : 50 กับปลาตู้ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว

5.1.3 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพซีเค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรีย ของซีเค้กที่หมักระยะเวลา 1 สัปดาห์, 2 สัปดาห์, 3 สัปดาห์ และระยะเวลา 4 สัปดาห์

5.1.4 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อการการนำซีเค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรีย ไปใช้ให้แพะกินเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ณ บ้านปลายทอน ตำบลทุ่งปรัง อำเภอลือชัย จังหวัดนครศรีธรรมราช

5.2 สมมติฐานของการวิจัย

5.2.1 ซีเค้กที่หมักด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกันจะมีปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกัน

5.2.2 ปลาตู้ที่เลี้ยงด้วยซีเค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรีย ร่วมกับอาหารสำเร็จรูปอัตราส่วน 50 : 50 มีการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับปลาตู้ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป เพียงอย่างเดียว

5.2.3 ซีเค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรียแต่ละระยะที่ทำการศึกษาจะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพเมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์

5.2.4 เกษตรกรมีความพึงพอใจในระดับมากเมื่อนำซีเค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรีย ไปทดลองใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงแพะ

5.3 สรุปผลการวิจัย

5.3.1 จากกราฟและตารางแสดงให้เห็นว่าปริมาณโปรตีนในซีเค้กเป็นดังนี้ ในตอนแรกนั้นได้นำซีเค้กเริ่มต้นที่ยังไม่ได้ทำการหมัก พบว่า ร้อยละของโปรตีนน้ำหนักสดคิดเป็น ร้อยละ 3.0 จากนั้นเมื่อทำการหมักซีเค้กด้วยยีสต์และยูเรีย เป็นระยะเวลา ต่าง ๆ พบว่า สัปดาห์ที่ 1 มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 14.3, สัปดาห์ที่ 2 มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 13.4, สัปดาห์ที่ 3 มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 15.2, สัปดาห์ที่ 4 มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 19.4 และสัปดาห์ที่ 5 มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 12.8

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ซีเค้กที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์และยูเรียเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีระดับโปรตีนเฉลี่ยสูงสุดคือ ร้อยละ 19.4 โดยเพิ่มขึ้นจากซีเค้กเริ่มต้นถึงร้อยละ 16.0 (โดยซีเค้กเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านการหมักมีโปรตีนร้อยละ 3.0) จากกราฟโปรตีนเริ่มเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 1 และใกล้เคียงกันกับสัปดาห์ที่ 2 และ 3 และเพิ่มขึ้นสูงสุดในสัปดาห์ที่ 4 และมีแนวโน้มลดลงในสัปดาห์ที่ 5 ซึ่งในสัปดาห์ที่ 5 มีโปรตีนน้อยกว่าสัปดาห์ที่ 1-3

5.3.2 จากการวิเคราะห์สถิติ t-test ผลปรากฏว่า ค่า t จากการคำนวณเท่ากับ 3.08 ซึ่งสูงกว่าค่า t จากตารางซึ่งมีเท่ากับ 2.364 สรุปได้ว่า น้ำหนักเฉลี่ยปลาตกที่เลี้ยงด้วยซีเค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรียกับอาหารสำเร็จรูปอัตราส่วน 50 : 50 กับปลาตกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงกว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลาตกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว ในการทดลองเป็นเวลานาน 1 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5.3.3 จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพของซีเค้ก สรุปได้ว่า ซีเค้กที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์และยูเรียทั้ง 3 สูตร คือ ระยะเวลา 1 สัปดาห์ 2 สัปดาห์ และ 3 สัปดาห์ จะคงสภาพที่สามารถนำไปใช้งานได้เป็นระยะเวลา 8 วัน ส่วนซีเค้กที่ผ่านการหมักสูตร 4 คือ ระยะเวลา 4 สัปดาห์ จะคงสภาพที่สามารถนำไปใช้งานได้เป็นระยะเวลา 10 วัน จากนั้นจะเปลี่ยนแปลงสภาพและเน่าเสียในที่สุด

5.3.4 จากการศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อการการนำซีเค้กที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรีย ไปใช้เป็นอาหารแพะเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ณ บ้านปลายทอน ตำบลทุ่งปรัง อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้แบบสอบถาม แบบสังเกต และแบบสัมภาษณ์ สรุปได้ว่า จากแบบสอบถามทั้งหมด 10 ข้อ เกษตรกรคือ นายมุดสรินทร์ โต๊ะเด็น หรือบั้งบัวส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในระดับมาก และจากแบบสังเกตทั้งหมด 10 ข้อ ที่สังเกตโดยนักเรียนผู้ร่วมทำโครงการวิจัย พบว่า ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในระดับมาก และจากการสัมภาษณ์ก็ชี้ไปในทิศทางของความพึงพอใจที่นำซีเค้กไปทดลองใช้เลี้ยงแพะ

5.4 อภิปรายผล

จากการทำโครงการวิจัยเรื่อง ชีวเค้ก Adding Protein ทางคณะผู้ทำคางงานวิจัยขออภิปราย-
ผลตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ดังนี้

5.4.1 การหาปริมาณโปรตีนของชีวเค้กที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์และยูเรีย ระยะเวลา

5 สัปดาห์ 4 สัปดาห์ 3 สัปดาห์ 2 สัปดาห์ และ 1 สัปดาห์นั้น ในกระบวนการหมัก ได้แบ่ง เป็น 2 ขั้นตอน คือ การ
ทำน้ำหมัก และการหมักชีวเค้ก (ดูรายละเอียดในบทที่ 3) โดยมีวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก คือ ยีสต์ ยูเรีย กากน้ำตาล
น้ำตาลทราย และชีวเค้ก เมื่อทำการหมักจนครบตามระยะเวลาที่กำหนด คณะผู้วิจัยได้ส่งตัวอย่างให้ทาง
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชทำการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน จากผลการศึกษาปริมาณโปรตีนในชีวเค้ก
สรุปได้ว่า ชีวเค้กที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์และยูเรียเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีระดับโปรตีนเฉลี่ยสูงสุดคือ ร้อยละ 19.4
โดยเพิ่มขึ้นจากชีวเค้กเริ่มต้นถึงร้อยละ 16.0 (โดยชีวเค้กเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านการหมักมีโปรตีนร้อยละ 3.0) จากกราฟ
โปรตีนเริ่มเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 1 และใกล้เคียงกันกับสัปดาห์ที่ 2 และ 3 และเพิ่มขึ้นสูงสุดในสัปดาห์ที่ 4 และมี
แนวโน้มลดลงในสัปดาห์ที่ 5 ซึ่งในสัปดาห์ที่ 5 มีโปรตีนน้อยกว่าสัปดาห์ที่ 1-3 ซึ่งคณะผู้วิจัยขออภิปรายผลดังนี้

1) จากผลการศึกษากระบวนการหมัก สรุปได้ว่าปริมาณโปรตีนในชีวเค้กเกิดจากการ
ยีสต์เป็นผู้สร้าง โดยยีสต์จะไปเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของยูเรีย ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) ไปเป็นกรดอะมิโนหรือโปรตีนเซลล์เดียว
($\text{NH}_2\text{CHCOOH-R}$) โดยมีน้ำตาลและกากน้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานของยีสต์ (น้ำตาลมีธาตุ C H และ O เป็น
องค์ประกอบ) และน้ำตาลจะเปลี่ยนไปเป็นองค์ประกอบของโปรตีนด้วยส่วนหนึ่ง

2) ในกระบวนการหมักชีวเค้กด้วยยีสต์และยูเรียซึ่งใช้กระบวนการ 2 ขั้นตอน คือการ
ทำน้ำหมักโดยใช้ออกซิเจน และการหมักชีวเค้กโดยไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งในกระบวนการทำน้ำหมักนั้นเมื่อผสม
ส่วนผสมเข้าด้วยกัน (ดูรายละเอียดในบทที่ 3) จะใช้เครื่องปั๊มออกซิเจนเพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำหมัก การเพิ่ม
ออกซิเจนในน้ำหมักนั้นเป็นการเพิ่มปริมาณของยีสต์และกระตุ้นการทำงานของยีสต์ให้ทำการหมักได้ดียิ่งขึ้น
สำหรับขั้นตอนการหมักชีวเค้กเป็นการนำน้ำหมักมาผสมให้เข้ากันกับชีวเค้ก ในอัตราส่วนที่กำหนด โดยหมักในอุณหภูมิ
2 ชั้น ก่อนปิดถุงทำการไล่อากาศออกให้หมดก่อนปิดถุงให้เรียบร้อย ซึ่งเป็นการหมักโดยไม่ใช้ออกซิเจน ทั้งนี้ก็
เพราะว่าการหมักโดยไม่ใช้ออกซิเจนเป็นการป้องกันจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ที่เข้ามากับอากาศ ทำให้เกิดการปนเปื้อน
ของกระบวนการหมัก และอาจทำให้บูดเน่าได้ง่าย

3) จากผลการเพิ่มขึ้นของระดับโปรตีนเฉลี่ยสัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 2 และสัปดาห์
ที่ 3 มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือร้อยละ 14.3, 13.4 และ 15.2 ตามลำดับ อธิบายได้ว่ากระบวนการ
สร้างโปรตีนของยีสต์ยังไม่สมบูรณ์ เนื่องจากวัตถุดิบต่าง ๆ ยังถูกใช้ไปไม่หมด แต่จะเห็นการเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 3
สำหรับสัปดาห์ที่ 4 ปริมาณโปรตีนเฉลี่ยสูงสุดคือ ร้อยละ 19.4 โดยเพิ่มขึ้นจากชีวเค้กเริ่มต้นที่ยังไม่ได้หมักถึงร้อยละ
16.0 (โดยชีวเค้กเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านการหมักมีโปรตีนร้อยละ 3.0) ทั้งนี้อธิบายได้ว่าการสร้างโปรตีนจากยีสต์ของ
ส่วนผสมในการทดลองนี้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และในสัปดาห์ที่ 5 ปริมาณโปรตีนลดลง และลดลงกว่าสัปดาห์ที่ 1-
3 เสียอีก เนื่องจากว่ากระบวนการสร้างของยีสต์ได้หยุดลง เพราะน้ำตาลซึ่งเป็นวัตถุดิบในการสร้างพลังงานของ
ยีสต์ได้หมดลงทำให้ยีสต์หมดสภาพ รวมถึงยูเรียซึ่งเป็นแหล่งของไนโตรเจนถูกใช้ไปหมด

รวมถึงโปรตีนที่ถูกสร้างในตอนแรกได้แปรเปลี่ยนสภาพไปเป็นสารชนิดอื่น ทำให้ปริมาณโปรตีนในสัปดาห์ที่ 5 น้อยกว่าสัปดาห์ที่ 1-4 ดังกล่าว

4) อีกประเด็นหนึ่งที่เกิดจากการทดลองครั้งนี้ การหมักซีเค้กสูตร 1 (7 วัน)

การวิเคราะห์โปรตีนซ้ำที่ 1, 2 และ 3 ค่าค่อนข้างแตกต่างกัน คือ มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 15.4, 12.7 14.8 (เฉลี่ย ร้อยละ 14.3) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการคลุกเคล้าน้ำหมักกับซีเค้กในแต่ละถุงที่ทำการทดลองไม่เข้ากันสม่ำเสมอ ใกล้เคียงกัน ทำให้ปริมาณโปรตีนมีปริมาณแตกต่างกัน อีกอย่างหนึ่งเป็นการหมักครั้งแรกด้วย ส่วนสูตร 2, 3, 4 และ 5 ค่าจำนวนซ้ำของการทดลองใกล้เคียงกัน เป็นผลมาจากการแก้ปัญหาการคลุกเคล้าน้ำหมักกับซีเค้กโดยคณะผู้ทำวิจัยได้คลุกเคล้าน้ำหมักให้เข้ากันสม่ำเสมอมากกว่าครั้งแรกที่ทำการหมัก

5) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในซีเค้กที่ผ่านการหมักซีเค้กด้วยยีสต์และ

ยูเรียในครั้งนี้ ตอนแรกนั้นทางคณะผู้วิจัยได้วางแผนในการหมักไว้ 4 ระยะด้วยกัน คือ 7 วัน 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน โดยเปรียบเทียบปริมาณซีเค้กที่เพิ่มขึ้น จากข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นในบทที่ 2 ของบริษัท พี.ซี เกษตร เซ็นทรัล จำกัด ผู้จำหน่ายกากเมล็ดในปาล์ม ที่ระบุว่ากากปาล์มหรือซีเค้กมีโปรตีนประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ แต่เนื่องจากว่าซีเค้กที่อ้างอิงจากเอกสาร เป็นคนละแหล่งกันกับซีเค้กทางคณะผู้วิจัยนำมาทำการทดลอง ดังนั้นเราจึงตรวจสอบปริมาณโปรตีนในซีเค้กเริ่มต้นซึ่งไม่ได้หมัก พบว่า มีโปรตีนอยู่ 3 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นถึงระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในการทดลอง และการที่ทำการทดลองหาปริมาณโปรตีนในซีเค้กเริ่มต้นซึ่งไม่ได้หมัก เพียง 1 ครั้ง เพราะว่าการหาโปรตีนจากถุงเดียวกัน แม้จะทำซ้ำหลายครั้งก็ไม่แตกต่างกัน และอีกอย่างหนึ่งในเรื่องของงบประมาณที่ใช้ไปในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนทั้งหมด 15 ซ้ำ ๆ ละ 300 บาท เป็นจำนวนเงินถึง 4500 บาทอีกด้วย

6) การวิเคราะห์โปรตีนระยะเวลา 7 วัน 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน ในการส่งตรวจ

ครั้งแรก พบว่า ระยะเวลา 28 วัน มีโปรตีนมากที่สุด ทำให้คณะผู้วิจัยอยากทราบว่าถ้าหมักต่อไปอีกจนครบ 5 สัปดาห์ แนวโน้มปริมาณโปรตีนในซีเค้กจะเป็นอย่างไร คณะผู้วิจัยจึงส่งตัวอย่างซีเค้กที่หมักครบ 5 สัปดาห์ไปวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนอีก 2 ตัวอย่าง ตามงบประมาณที่มี จึงได้ทราบว่าในสัปดาห์ที่ 5 ปริมาณโปรตีนในซีเค้กมีแนวโน้มลดลงดังที่แสดงในผลการทดลอง

5.4.2 จากการศึกษาหน้าหนักเฉลี่ยปลาตุกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปกับซีเค้กที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์และยูเรียในอัตราส่วน 50:50 มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงกว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลาตุกที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียวในการทดลองเป็นเวลานาน 1 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งคณะผู้วิจัยขออภิปรายผลดังนี้

1) ในการทดลองครั้งนี้เราใช้ปลาตุกพันธุ์สเซียซึ่งเป็นพันธุ์ที่เลี้ยงง่าย ทนต่อ

สภาพแวดล้อม ตอนแรกซื้ออามีอายุประมาณ 1 เดือน นำมาเลี้ยงก่อน 7 วัน โดยให้อาหารสำเร็จรูปทั้ง 2 กลุ่ม จากนั้นชั่งน้ำหนักก่อนทดลองกลุ่มละ 50 ตัว แล้วทำการทดลองเลี้ยงปลาตุกโดยให้อาหารที่แตกต่างกัน ปลาตุกกลุ่มทดลองจะเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปกับซีเค้กที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์และยูเรียในอัตราส่วน 50:50 ส่วนปลาตุกกลุ่มควบคุมจะเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว พบว่า ปลาตุกกลุ่มทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงกว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลาตุกควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าซีเค้กที่มีปริมาณโปรตีนถึงร้อยละ 19.4 สามารถทำให้ปลาตุกเจริญเติบโตได้ดี สอดคล้องกับรายงานข่าวจากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด

จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ได้ลงพื้นที่สำรวจเกษตรกรที่ปลาหมอพันธุ์ชุมพร 1 โดยให้อาหารโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ วันละ 2 ครั้ง เมื่อเลี้ยงครบระยะเวลา 4 เดือนก็สามารถจับขายได้กิโลกรัมละ 100 บาท (หนังสือพิมพ์เดลินิวส์ หน้าเกษตรกรกรม)

2) การให้อาหารปลาดุกกลุ่มทดลองที่เลี้ยงด้วยขี้เค้ก ในตอนแรกนั้นเราทดลองใช้ นำไปผสมกับรำให้ปลาดุกทดลองกิน ที่ผสมกับรำเพื่อให้มันล่อยปรากฏว่าปลาดุกไม่กินเท่าไร จากนั้นเรานำขี้เค้กที่ตากจนแห้งสนิทมาให้ปลาดุกกิน พบว่า อาหารจมนิดหน่อย ค่อนข้างดูยากกว่าปลาดุกกินประมาณไหน แต่เมื่อเรานำขี้เค้กจากถุงหมัก ที่มีกลิ่นของการหมัก มาวางติดไว้ที่ด้านข้างบ่อด้านในเสมอกับผิวน้ำน้ำ พบว่าปลาดุกกินขี้เค้กจนหมดร่วมกับอาหาร (ทำการทดสอบก่อนเลี้ยงปลาดุกเพื่อศึกษาอาหารที่แตกต่างกัน) อาจเป็นเพราะว่า ขี้เค้กที่ผ่านการหมักมีกลิ่นหอมของการหมักทำให้ปลาดุกกิน และการที่มีปริมาณโปรตีนอยู่มากทำให้ปลาดุกเจริญเติบโตดี

3) สำหรับการทดลองเลี้ยงปลาดุกที่ให้อาหารแตกต่างกันในครั้งนี้อยู่ระยะเวลาในการทดลองเพียง 1 สัปดาห์นั้น เนื่องจากว่าขี้เค้กที่ใช้เป็นอาหารในการเลี้ยงปลาดุก เมื่อเรานำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพ พบว่า ขี้เค้กที่คงสภาพดีสามารถใช้เป็นอาหารได้มาระยะเวลาประมาณ 10 วัน ถ้าเราเลี้ยงเป็นเวลา 2 สัปดาห์ จะต้องหมักขี้เค้กอีก 1 เดือน(ซึ่งมีโปรตีนสูงสุด) ซึ่งไม่ทันต่อระยะเวลาของการทดลองที่กำหนด

5.4.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพของขี้เค้กที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์และยูเรีย

ทั้ง 3 สูตร คือ ระยะเวลา 1 สัปดาห์ 2 สัปดาห์ และ 3 สัปดาห์ จะคงสภาพที่สามารถนำไปใช้งานได้เป็นระยะเวลาจำนวน 8 วัน ส่วนขี้เค้กที่ผ่านการหมักสูตร 4 คือ ระยะเวลา 4 สัปดาห์ จะคงสภาพที่สามารถนำไปใช้งานได้เป็นระยะเวลาจำนวน 10 วัน จากนั้นจะเปลี่ยนแปลงสภาพและเน่าเสียในที่สุด จากข้อสรุปที่ได้คณะผู้วิจัยขออภิปรายผลดังนี้

1) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพของขี้เค้กที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์และยูเรียใน ครั้งนี้ได้ให้นักเรียนที่ร่วมทำโครงการบ่มขี้เค้กเป็นก้อนแล้วนำไปตากให้แห้ง และนำมาเก็บไว้ในถุงพลาสติกขนาดเล็กสีใสที่มีซิปปิด จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลงสภาพทุกวัน การสังเกตการเปลี่ยนแปลงจะสังเกตจาก กลิ่น สี รูปร่าง และลักษณะที่ปรากฏของขี้เค้ก ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ และรา ที่เจริญและมีการใช้สารอาหารทำให้เกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ทำให้เกิดสารต่าง ๆ ขึ้น และเมื่อจุลินทรีย์ตายก็จะหลั่งเอนไซม์ออกมา นอกเซลล์ทำให้ขี้เค้กเปลี่ยนแปลงสภาพไปได้

2) การที่ขี้เค้กระยะเวลา 4 สัปดาห์ สามารถเก็บไว้ได้นานที่สุดนั้น น่าจะเนื่องจากว่า แหล่งน้ำตาลในขี้เค้กซึ่งเป็นอาหารของจุลินทรีย์ถูกใช้ไปหมด (ถูกใช้ในขั้นตอนการหมักยีสต์และยูเรียเพราะว่า สัปดาห์ที่ 4 มีระดับโปรตีนสูงสุด) ทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ช้ากว่าขี้เค้กที่หมัก ในระยะเวลา 1 สัปดาห์, 2 สัปดาห์ และ 3 สัปดาห์ ทำให้ขี้เค้กระยะเวลา 4 สัปดาห์ คงสภาพได้นานกว่า

3) จุลินทรีย์ที่ทำให้เปลี่ยนแปลงสภาพน่าจะเป็นเชื้อราบิวเวอเรีย เพราะลักษณะที่ ปรากฏบนขี้เค้กมีลักษณะเป็นสีขาวซึ่งเป็นลักษณะแบบเดียวกันกับเชื้อราบิวเวอเรีย ซึ่งเป็นเชื้อราที่มีสีขาว

4) อีกประการหนึ่งที่ค้นพบจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพในครั้งนี้ คือ ชี้เค็ก ที่อยู่ในถุงหมักที่ไม่ได้นำออกป้อนเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพ จะมีการคงสภาพได้นานกว่า คืออยู่ได้นานกว่า 2 สัปดาห์ สอดคล้องกับที่นายมุดสรินทร์ โต๊ะเต็น หรือบังบัว เกษตรกรที่ใช้ชี้เค็ก (ยังไม่ได้ทำการหมักเพื่อเพิ่มโปรตีน) ในการเลี้ยงแพะ ให้ข้อมูลว่า การเก็บชี้เค็กจะต้องใส่ถังพลาสติกแล้วใช้พลาสติกหนาปิดให้มิดชิดจะทำให้ชี้เค็กสามารถใช้งานได้นาน

5.4.4 จากการศึกษาความพึงพอใจของนายมุดสรินทร์ โต๊ะเต็น ที่มีต่อการการนำชี้เค็ก ที่ผ่านการหมักยีสต์และยูเรีย ไปใช้เป็นอาหารแพะเป็นเวลา 1 โดยใช้แบบสอบถาม แบบสังเกต และแบบสัมภาษณ์ เครื่องมือทั้ง 3 ชนิด ชี้ไปในทิศทางที่ว่า นายมุดสรินทร์ โต๊ะเต็น หรือบังบัวมีความพึงพอใจที่นำชี้เค็กไปทดลองใช้เลี้ยงแพะ จากข้อสรุปนี้คณะผู้วิจัยขออภิปรายผลดังนี้

1) จากข้อสรุปนี้คณะผู้วิจัยขออภิปรายประเด็นเกี่ยวกับคำถามที่ว่าเกษตรกรจะนำชี้เค็กไปใช้เป็นเพียงอย่างเดียว (คำถามในข้อที่ 2 ของแบบสอบถามและสังเกต) และถามย้ำอีกครั้งหนึ่งว่าชี้เค็กมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นอาหารหลักของแพะ(คำถามในข้อที่ 10 ของแบบสอบถามและสังเกต) ซึ่งทั้งสองข้อนี้มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง อาจเป็นเพราะว่า กระบวนการที่จะได้มาของชี้เค็กที่มีโปรตีนสูงที่ผ่านการหมัก มีขั้นตอนที่ยุ่งยาก บังบัวได้ถามว่าจะใช้จุลินทรีย์อีเอ็มแทนยีสต์ได้หรือไม่ในการหมัก คำถามนี้เราจะต้องไปหาข้อมูลเพิ่มเติมอีก คณะผู้วิจัยแนะนำยีสต์หาซื้อไม่ยาก ราคาก็ไม่แพงมากนักสำหรับการหมัก อีกประเด็นหนึ่ง บังบัวได้กล่าวไว้ในแบบสัมภาษณ์ การนำอาหารที่แพะไม่เคยกิน มาให้กินนั้นต้องเริ่มตั้งแต่ปริมาณน้อยแล้วค่อยเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ นอกจากนี้ต้องศึกษาลักษณะของแพะหลังกินอย่างใกล้ชิดว่ามีอาการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง เช่น มีอาหารท้องเสียไหม ท้องอืดไหม ซึม หรือว่ามีไข้ไหม ถ้าอาหารเป็นพิษอาจเกิดความเสียหายมากได้ ดังนั้น ต้องหมักชี้เค็กในปริมาณมากแล้วศึกษาระยะเวลานานประมาณอย่างน้อย 1 เดือนว่า อาหารชนิดใหม่แพะมีความชอบและส่งผลอย่างไรต่อร่างกายของแพะหรือไม่

2) การที่แพะนั้นกินชี้เค็กจนหมด และมีร่างกายปกติหลังจากทดลอง ถึงแม้ว่าจะใช้กากถั่วเหลืองมาเป็นส่วนผสมในอัตราส่วน 5 : 1 เพื่อให้แพะกินอาหารที่ชอบก่อน จากนั้นแพะก็กินชี้เค็กจนหมด แสดงให้เห็นว่าชี้เค็กที่ผ่านการหมักแล้วเพิ่มโปรตีนทำให้มีคุณค่าสามารถนำไปใช้เกิดประโยชน์ได้จริง

5.5 ข้อเสนอแนะ

5.5.1 ในการหมักซีเค้กเพิ่มเพิ่มปริมาณโปรตีน ควรใช้ซีเค้กของที่สุดใหม่ มาใช้ในการหมัก เพราะจะคงสภาพการใช้งานซีเค้กหลังหมักได้นานขึ้น

5.5.2 ในการศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรต่อการนำซีเค้กในการใช้เลี้ยงแพะ ควรใช้ระยะเวลาในการศึกษานานกว่าการทดลองครั้งนี้ ควรทดลองอย่างน้อย 1 เดือนแล้วติดตามผลอย่างใกล้ชิด

5.5.3 การทำวิจัยในครั้งนี้ค้นพบปัญหาการวิจัย จากแนวคิดเกี่ยวกับผลผลิตเหลือใช้ในท้องถิ่น คือ กากปาล์มหรือที่ชาวบ้าน เรียกว่า ซีเค้ก จากนั้นต่อยอดโดยการศึกษาดูงานในท้องถิ่น และค้นคว้าข้อมูลรวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้งานวิจัยเกิดประโยชน์และสำเร็จลุล่วง ในงานวิจัยครั้งนี้เราได้รับการต้อนรับ และให้ข้อมูลเป็นอย่างดีจากหลาย ๆ ฝ่าย โดยเฉพาะนายมุดสรินทร์ โต๊ะเด็น เกษตรกรที่ให้เราดูงานการเลี้ยงแพะ ให้ซีเค้กฟรีไปใช้ในการหมัก จากนั้นนำผลผลิตจากงานวิจัยไปทดลองใช้ ทางคณะผู้วิจัยขอเสนอแนะจากประสบการณ์ว่า ควรดูถึงหลาย ๆ อย่างว่า การขอความช่วยเหลือต่าง ๆ ทำให้เกษตรกรที่ร่วมมือในการทำโครงการกับเรา มีความลำบากใจในด้านใดบ้าง ทั้งนี้เพื่อให้ได้ประโยชน์ทั้งสองฝ่ายและการทำวิจัยที่ราบรื่น

5.5.4 ควรนำซีเค้กไปพัฒนาเป็นสูตรอาหาร อาจผสมกับวัตถุดิบอื่น ๆ เพื่อให้ซีเค้กใช้ได้เป็นระยะเวลานานขึ้น และสามารถเพิ่มมูลค่าให้ซีเค้กในการนำไปใช้เชิงพาณิชย์ต่อไป

บรรณานุกรม

- กรมประมง. *การเลี้ยงปลานิล*. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.fisheries.go.th/if-suratthani/1planile.htm>. สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2559.
- การหมัก. *วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี*. มูลนิธิวิกิมีเดีย. (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 8 เมษายน 2559
- ณรงค์ ชัยเลิศ. *การเพิ่มโปรตีนโดยใช้ยีสต์*. [ออนไลน์].
แหล่งที่มา : <https://www.classstart.org/classes/74>. 14 กุมภาพันธ์ 2559
- ดุชนิ ธนะบริพัฒน์. 2537. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- นายกิตติศักดิ์ อาเก. *เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิล*. อาศัยอยู่ตำบลท่าศาลา อำเภوتاศาลา
จังหวัดนครศรีธรรมราช. สัมภาษณ์เมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2559.
- นายมุตสรินทร์ โต๊ะเต็น. *เกษตรกรผู้ทำสวนปาล์ม เลี้ยงวัว เลี้ยงแพะ*. อาศัยอยู่บ้านเลขที่ 84 หมู่ 7
ตำบลทุ่งปรัง อำเภอลิขิต จังหวัดนครศรีธรรมราช. สัมภาษณ์เมื่อวันที่ 8 มีนาคม 2559.
- นายสมคิด กิมแสง. *เกษตรกรผู้ทำสวนปาล์ม*. อาศัยอยู่บ้านเลขที่ 48/1 หมู่ 2 ตำบลลิขิต อำเภอลิขิต
จังหวัดนครศรีธรรมราช. สัมภาษณ์ เมื่อวันที่ 29 มีนาคม 2559
- นฤมล สมคุณา, จรัส สว่างทัพ, จิรประภา รอดจากเข็ญ และ สุรศักดิ์ อุตริวิเชียร. 2557.
การศึกษาการเพิ่มระดับโปรตีนของกากมะพร้าวสดและแห้งโดยกระบวนการหมักยีสต์และยูเรีย.
สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
- นิพนธ์ สุขสะอาด. 2559. *ก้าวการพัฒนาเพื่อภาคการเกษตร*. (ออนไลน์).
แหล่งที่มา : https://www.technologychaoban.com/news_detail.php?tnid=1969
10 กรกฎาคม 2559
- ประทีปพันธ์ปลา. *การเลี้ยงปลานิล*. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.bestfish4u.com/best-fish-information-nin.php>. สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2559.
- พรศิลป์ สีเผือก, ปุณพิชญ์ ผดุงมาศก์, พิษญา แก้วมโน และวุฒิชัย ศรีเผือก. 2557. *การใช้กากสัลดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารเสริมสำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า*. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
วิทยาเขตนครศรีธรรมราช
- มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช. 2559. *วัตถุดิบอาหารสัตว์*. (ออนไลน์).
แหล่งที่มา : http://elearning.nsruc.ac.th/web_elearning/animal/lesson2_6.php
15 พฤษภาคม 2559
- ระบบจัดการองค์ความรู้มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 2559. *การนำกากเนื้อในปาล์มน้ำมันมาใช้ประโยชน์ตอนที่ 2*. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.chumphon2.mju.ac.th/km/?p=181>.
8 กรกฎาคม 2559
- สำนักงานจังหวัดนครศรีธรรมราช. 2559. *ผู้ว่าฯ ให้สำรวจพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่แท้จริง*. (ออนไลน์).
แหล่งที่มา : http://www.nakhonsithammarat.go.th/web_52/datacenter/detail.php?news_id=1010591. 5 กรกฎาคม 2559

ศูนย์ศึกษาการค้าระหว่างประเทศ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. 2559. การผลิตปาล์มน้ำมันไทยภายใต้
กรอบ AEC ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :

<http://cstproject.exteen.com/20100926/entry>. 5 กรกฎาคม 2559

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2551, *โครงการวิทยาศาสตร์แบบวิจัย*.

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สุดสาย ตรีนานิช และ วราภา มหากาญจนกุล. 2555. *การเน่าเสียของอาหาร*. (ออนไลน์).

แหล่งที่มา : <https://ajarncharoen.wordpress.com/2012/02/02/food-degrad/>

สืบค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2559

หนังสือพิมพ์เดลินิวส์. *หน้าเกษตรกรรม*. ฉบับที่ 24, 494 วันศุกร์ที่ 4 พฤศจิกายน 2559 อดิศักดิ์ บุญพิศ, ปิยะรัฐ
อารมณ, ศุจินธร โชติการ, ศุภวิชญ์ เพชรน้อย. ศิววัฒน์ จิตเฝือ

และอรรณวุฒิ นุชลำยอง. 2558. *การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนในหนอนแมลงวันที่ได้*

จากการหมักวิธีต่าง ๆ. โรงเรียนสิชลคุณธารวิทยา อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช

Janice VanCleave. (2553). *โครงการวิทยาศาสตร์ระดับ A⁺*. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊ค

ภาคผนวก ก

ภาพการไปศึกษาดูงานหลังสอบปลายภาค 2/2558 ณ บ้านนายมุดศรีอินทร์ โต๊ะเด็น
บ้านเลขที่ 84 หมู่ 7 ต. หุ่งปรัง อ. สีชล จ. นครศรีธรรมราช
เมื่อวันที่ 8 มีนาคม 2559



ภาพ การสัมภาษณ์เกษตรกรและศึกษาวิธีการเลี้ยงแพะ

ภาคผนวก ข

ภาพขั้นตอนการหมักซีเค้กด้วยยีสและยูเรีย



ภาพ การชั่งส่วนผสมที่ใช้ในการหมัก



ภาพ การเพิ่มออกซิเจนในน้ำหมัก



ภาพ การนำน้ำหมักมาผสมในซีไค้และการนำซีไค้ไปหมักในระยะเวลาต่างๆ

ภาคผนวก ค

ใบรายงานผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในซีรัมที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์และยูเรีย
ระยะเวลาต่างๆ คือ ซีรัมเริ่มต้น (0 วัน) ระยะเวลา 1 สัปดาห์ 2 สัปดาห์ 3 สัปดาห์
4 สัปดาห์ และ 5 สัปดาห์



ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
เลขที่ 1 หมู่ 4 ตำบลท่าจั่ว อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30280
โทรศัพท์ 075-377446, 075-377716 โทรสาร 075-377716

ใบรายงานผลการตรวจวิเคราะห์

วันที่ 1 ตุลาคม 2559

ชื่อตัวอย่าง ซีเค็กสูตร 0 (0วัน) สัญลักษณ์ตัวอย่าง SC59-S013
หน่วยงานที่ส่ง โรงเรียนสิชลคุณาธารวิทยา ตำบลทุ่งปรัง อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช
หนังสือเลขที่ - ลงวันที่ -
วันที่ส่งตัวอย่าง 27 กันยายน 2559 วันที่วิเคราะห์ 28-29 กันยายน 2559

ชื่อตัวอย่าง	ผลการตรวจวิเคราะห์ ไนโตรเจนและโปรตีน (Crude Protein) (เปอร์เซ็นต์) น้ำหนักสด	วิธีวิเคราะห์
ซีเค็กสูตร 0 (เช้าที่1)	3.0	AQAC 934.01

ผู้วิเคราะห์ : (นายโชคชัย หมั่นถนอม) ผู้ตรวจสอบ : (นางจิราภรณ์ สังข์มูล)

ผู้รับรอง : (นายฉัตรชัย สังข์มูล)

รายงานนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปคัดลอกหรือทำสำเนาบางส่วนที่ไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร



ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
เลขที่ 1 หมู่ 4 ตำบลท่าวีว อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30280
โทรศัพท์ 075-377446, 075-377716 โทรสาร 075-377716

ใบรายงานผลการตรวจวิเคราะห์

วันที่ 19 กันยายน 2559

ชื่อตัวอย่าง ซีเค้กสูตร 1 (7วัน) สัญลักษณ์ตัวอย่าง SC58-S001-003
หน่วยงานที่ส่ง โรงเรียนสิบล้านคนหาความรู้ ตำบลทุ่งปรัง อำเภอสีขุ จังหวัดนครราชสีมา
หนังสือเลขที่ - ลงวันที่ -
วันที่ส่งตัวอย่าง 6 กันยายน 2559 วันที่วิเคราะห์ 6-17 กันยายน 2559

ชื่อตัวอย่าง	ผลการตรวจวิเคราะห์ โปรตีนและไขมัน (Crude Protein) (เปอร์เซ็นต์) น้ำหนักสด	วิธีวิเคราะห์
ซีเค้กสูตร 1 (ซ้ำที่1)	15.4	AOAC 934.01
ซีเค้กสูตร 1 (ซ้ำที่2)	12.7	
ซีเค้กสูตร 1 (ซ้ำที่3)	14.8	

ผู้วิเคราะห์ : (นายโชคชัย วัฒนกันธอน)

ผู้ตรวจสอบ : (นางจิราภรณ์ สังข์มูล)

ผู้รับรองผล : (นายฉัตรชัย สังข์มูล)

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปคัดลอกหรือทำสำเนาบางส่วนที่ไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร



ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
เลขที่ 1 หมู่ 4 ตำบลท่าจี้ อำเภอมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280
โทรศัพท์ 075-377446, 075-377716 โทรสาร 075-377716

ใบรายงานผลการตรวจวิเคราะห์

วันที่ 19 กันยายน 2559

ชื่อตัวอย่าง ชีเค็กสูตร 2 (14วัน) สัญลักษณ์ตัวอย่าง SC58-S004-006
หน่วยงานที่ส่ง โรงเรียนสิชลคุนหาธารวิทยา ตำบลทุ่งปรัง อำเภอลิชัง จังหวัดนครศรีธรรมราช
หนังสือเลขที่ - ลงวันที่ -
วันที่ส่งตัวอย่าง 6 กันยายน 2559 วันที่วิเคราะห์ 6-17 กันยายน 2559

ชื่อตัวอย่าง	ผลการตรวจวิเคราะห์ โปรตีนและโปรตีน (Crude Protein) (เปอร์เซ็นต์) น้ำหนักสด	วิธีวิเคราะห์
ชีเค็กสูตร 2 (ซ้ำที่1)	14.3	AOAC 934.01
ชีเค็กสูตร 2 (ซ้ำที่2)	13.2	
ชีเค็กสูตร 2 (ซ้ำที่3)	12.8	

ผู้วิเคราะห์ : (นายโชคชัย วัฒนกันธม)

ผู้ตรวจสอบ : (นางจิราภรณ์ สังข์มูล)

ผู้รับรองผล : (นายฉัตรชัย สังข์มูล)

รายงานนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปคัดลอกหรือทำสำเนาบางส่วนที่ไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร



ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
เลขที่ 1 หมู่ 4 ตำบลท่าจั่ว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280
โทรศัพท์ 075-377446, 075-377716 โทรสาร 075-377716

ใบรายงานผลการตรวจวิเคราะห์

วันที่ 19 กันยายน 2559

ชื่อตัวอย่าง ซีเค้กสูตร 3 (21วัน) สัญลักษณ์ตัวอย่าง SC58-S007-009
หน่วยงานที่ส่ง โรงเรียนสิบลูกกุลาธารวิทยา ตำบลทุ่งปราง อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช
หนังสือเลขที่ - ลงวันที่ -
วันที่ส่งตัวอย่าง 6 กันยายน 2559 วันที่วิเคราะห์ 6-17 กันยายน 2559

ชื่อตัวอย่าง	ผลการตรวจวิเคราะห์ โปรตีนและโปรตีน (Crude Protein) (เปอร์เซ็นต์) น้ำหนักสด	วิธีวิเคราะห์
ซีเค้กสูตร 3 (ซ้ำที่1)	15.2	AOAC 934.01
ซีเค้กสูตร 3 (ซ้ำที่2)	14.6	
ซีเค้กสูตร 3 (ซ้ำที่3)	15.7	

ผู้วิเคราะห์ : (นายโชคชัย หมั่นอันยอม)

ผู้ตรวจสอบ : (นางจิราภรณ์ สังข์บุตร)

ผู้รับรองผล : (นายฉัตรชัย สังข์บุตร)

รายงานนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปคัดลอกหรือทำสำเนาบางส่วนที่ไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร



ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
เลขที่ 1 หมู่ 4 ตำบลท่าจั่ว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80260
โทรศัพท์ 075-377446, 075-377716 โทรสาร 075-377716

ใบรายงานผลการตรวจวิเคราะห์

วันที่ 19 กันยายน 2559

ชื่อตัวอย่าง ชีเค็กสูตร 4 (28วัน) สัญลักษณ์ตัวอย่าง SC58-S010-012
หน่วยงานที่ส่ง โรงเรียนสิขสคุณาธารวิทยา ตำบลทุ่งปรัง อำเภอสิขล จังหวัดนครศรีธรรมราช

หนังสือเลขที่ - ลงวันที่ -
วันที่ส่งตัวอย่าง 6 กันยายน 2559 วันที่วิเคราะห์ 6-17 กันยายน 2559

ชื่อตัวอย่าง	ผลการตรวจวิเคราะห์ โปรตีน (เปอร์เซ็นต์) น้ำหนักสด	วิธีวิเคราะห์
ชีเค็กสูตร 4 (ชี้าที่1)	19.5	AOAC 934.01
ชีเค็กสูตร 4 (ชี้าที่2)	19.2	
ชีเค็กสูตร 4 (ชี้าที่3)	19.6	

ผู้วิเคราะห์ : (นายโชคชัย หมั่นถนอม)

ผู้ตรวจสอบ : (นางจิราภรณ์ สังข์บุตร)

ผู้รับรองผล : (นายธีรชัย สังข์บุตร)

รายงานนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปคัดลอกหรือทำสำเนาบางส่วนที่ไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร



ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
เลขที่ 1 หมู่ 4 ตำบลท่าจี้ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30280
โทรศัพท์ 075-377446, 075-377716 โทรสาร 075-377716

ใบรายงานผลการตรวจวิเคราะห์

วันที่ 19 กันยายน 2559

ชื่อตัวอย่าง ซีเค็กสูตร 5 (35วัน) สัญลักษณ์ตัวอย่าง SC59-S014-015
หน่วยงานที่ส่ง โรงเรียนสิชลคุณาธารวิทยา ตำบลทุ่งบัว อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช
หนังสือเลขที่ - ลงวันที่ -
วันที่ส่งตัวอย่าง 27 กันยายน 2559 วันที่วิเคราะห์ 28-29 กันยายน 2559

ชื่อตัวอย่าง	ผลการตรวจวิเคราะห์ โปรตีนและโปรตีน (Crude Protein) (เปอร์เซ็นต์) น้ำหนักสด	วิธีวิเคราะห์
ซีเค็กสูตร 5 (จำที่1)	12.8	AOAC 934.01
ซีเค็กสูตร 5 (จำที่2)	12.9	

ผู้วิเคราะห์ : (นายโชคชัย วัฒนอนอม)

ผู้ตรวจสอบ : (นางจิราภรณ์ สังข์มูล)

ผู้รับรองผล : (นายฉัตรชัย สังข์มูล)

รายงานนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบเท่านั้น
ห้ามนำรายงานนี้ไปคัดลอกหรือทำสำเนาบางส่วนที่ไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

ภาคผนวก ง

ภาพการศึกษาเปรียบเทียบการเลี้ยงปลาตุก โดยใช้อาหารสำเร็จรูป 100 %

และปลาตุกที่เลี้ยงด้วยชี้เค้กและอาหารสำเร็จรูป ในอัตราส่วน 50 : 50 %



ภาพ บ่อปลาสดเดิมที่ใช้ทำโครงการหนอนหมักชีวภาพ



ภาพ บ่อเลี้ยงปลาสดปัจจุบันที่ใช้ทำโครงการ ซีเค็ก Adding Protein



ภาพ การนำปลาดุกมาเลี้ยงในบ่อควบคุมและบ่อทดลอง



ภาพ การเดินระบบท่อเพื่อง่ายต่อการใช้น้ำในการเลี้ยงปลาตก



ภาพ ระบบระบายน้ำเสีย



ภาพ การเตรียมขี้เถ้าเพื่อใช้ในการเลี้ยงปลาดุก



ภาพ การให้อาหารปลาดุกด้วยขี้คั๊ก



ภาพ การให้อาหารปลาด้วยอาหารสำเร็จรูป



ภาพ การชั่งปลาดุกก่อนให้อาหารด้วยซีเค้กที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์และยูเรีย

ภาคผนวก จ

ภาพการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพของซีไค้ก



ภาพ ขี้เค็กสภาพปกติ



ภาพ ขี้เค็กเปลี่ยนแปลงสภาพ

ภาคผนวก ฉ

ภาพการนำซีเค็กไปให้เกษตรกรทดลองใช้



ภาพ การนำขี้ไค้ไปให้เกษตรกรทดลองใช้เลี้ยงแพะ



ภาพ เกษตรกรนำกากถั่วเหลืองมาผสมกับขี้เถ้าในอัตราส่วน 5:1 เพื่อทดลองใช้เลี้ยงแพะ

ภาคผนวก ช

ภาพสถานที่การทำโครงการ



ภาพ สถานที่การทำโครงการ

ภาคผนวก ซ

การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกที่เลี้ยงด้วย
อาหารสำเร็จรูป กับปลาดุกที่เลี้ยงด้วยขี้เค้กที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์ยูเรียและอาหารสำเร็จรูป
ด้วยอัตราส่วน 50:50

ตาราง 1 การเปรียบเทียบปลาตกที่เลี้ยงด้วยซีเค้กกับอาหารสำเร็จรูปอัตราส่วน 50 : 50

ตัวที่	Pre - test	Post - test	D	ตัวที่	Pre - test	Post - test	D
1	20	50	30	26	10	25	15
2	20	30	10	27	15	20	5
3	10	30	20	28	10	30	20
4	20	25	5	29	10	30	20
5	30	30	0	30	15	25	10
6	30	40	10	31	10	30	20
7	10	40	30	32	15	20	5
8	10	30	20	33	10	30	20
9	10	30	20	34	20	25	5
10	20	40	20	35	20	20	0
11	20	30	10	36	20	20	0
12	15	40	25	37	20	25	5
13	10	30	20	38	15	25	10
14	20	25	5	39	15	30	15
15	15	25	10	40	20	30	10
16	10	30	20	41	20	30	10
17	20	30	10	42	15	25	10
18	15	20	5	43	20	30	10
19	15	20	5	44	10	20	10
20	20	20	0	45	10	25	15
21	20	20	0	46	15	25	10
22	35	20	-15	47	10	25	15
23	30	25	-5	48	15	20	5
24	10	30	20	49	20	25	5
25	10	30	20	50	20	30	10
				รวม	825	1380	555

ตาราง 2 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป 100%

ตัวที่	Pre - test	Post - test	D	ตัวที่	Pre - test	Post - test	D
1	12	20	8	26	10	30	20
2	10	30	20	27	15	20	5
3	20	20	0	28	10	25	15
4	20	20	0	29	10	20	10
5	20	32	12	30	15	30	15
6	10	20	10	31	10	35	25
7	15	30	15	32	15	20	5
8	20	20	0	33	10	20	10
9	20	35	15	34	20	25	5
10	18	30	12	35	20	20	0
11	15	25	10	36	20	20	0
12	15	20	5	37	20	20	0
13	10	20	10	38	15	15	0
14	10	20	10	39	15	21	6
15	20	25	5	40	20	20	0
16	10	25	15	41	20	20	0
17	10	30	20	42	15	20	5
18	15	20	5	43	20	20	0
19	12	25	13	44	10	15	5
20	10	25	15	45	10	20	10
21	10	30	20	46	15	15	0
22	15	35	20	47	10	15	5
23	15	30	15	48	15	20	5
24	15	20	5	49	20	15	-5
25	10	20	10	50	30	20	-10

ตาราง 3 การหาค่า ($D_1 - MD_1$) ของกลุ่มควบคุม

ตัวที่	D_1	MD_1	$(D_1 - MD_1)$	ตัวที่	D_1	MD_1	$(D_1 - MD_1)$
1	30	11.1	18.9	26	15	11.1	3.9
2	10	11.1	-1.1	27	5	11.1	-6.1
3	20	11.1	8.9	28	20	11.1	8.9
4	5	11.1	-6.1	29	20	11.1	8.9
5	0	11.1	-11.1	30	10	11.1	-1.1
6	10	11.1	-1.1	31	20	11.1	8.9
7	30	11.1	18.9	32	5	11.1	-6.1
8	20	11.1	8.9	33	20	11.1	8.9
9	20	11.1	8.9	34	5	11.1	-6.1
10	20	11.1	8.9	35	0	11.1	-11.1
11	10	11.1	-1.1	36	0	11.1	-11.1
12	25	11.1	13.9	37	5	11.1	-6.1
13	20	11.1	8.9	38	10	11.1	-1.1
14	5	11.1	-6.1	39	15	11.1	3.9
15	10	11.1	-1.1	40	10	11.1	-1.1
16	20	11.1	8.9	41	10	11.1	-1.1
17	10	11.1	-1.1	42	10	11.1	-1.1
18	5	11.1	-6.1	43	10	11.1	-1.1
19	5	11.1	-6.1	44	10	11.1	-1.1
20	0	11.1	-11.1	45	15	11.1	3.9
21	0	11.1	-11.1	46	10	11.1	-1.1
22	-15	11.1	-26.1	47	15	11.1	3.9
23	-5	11.1	-16.1	48	5	11.1	-6.1
24	20	11.1	8.9	49	5	11.1	-6.1

ตัวที่	D ₁	MD ₁	(D ₁ - MD ₁)	ตัวที่	D ₁	MD ₁	(D ₁ - MD ₁)
25	20	11.1	8.9	50	10	11.1	-1.1
				รวม	555	555	0

ตาราง 4 การหาค่า (D₁ - MD₁) ของกลุ่มทดลอง

ตัวที่	D ₁	MD ₁	(D ₁ - MD ₁)	ตัวที่	D ₁	MD ₁	(D ₁ - MD ₁)
1	8	8.02	-0.02	26	20	8.02	11.98
2	20	8.02	11.98	27	5	8.02	-3.02
3	0	8.02	-8.02	28	15	8.02	6.98
4	0	8.02	-8.02	29	10	8.02	1.98
5	12	8.02	3.98	30	15	8.02	6.98
6	10	8.02	1.98	31	25	8.02	16.98
7	15	8.02	6.98	32	5	8.02	-3.02
8	0	8.02	-8.02	33	10	8.02	1.98
9	15	8.02	6.98	34	5	8.02	-3.02
10	12	8.02	3.98	35	0	8.02	-8.02
11	10	8.02	1.98	36	0	8.02	-8.02
12	5	8.02	-3.02	37	0	8.02	-8.02
13	10	8.02	1.98	38	0	8.02	-8.02
14	10	8.02	1.98	39	6	8.02	-2.02
15	5	8.02	-3.02	40	0	8.02	-8.02
16	15	8.02	6.98	41	0	8.02	-8.02
17	20	8.02	11.98	42	5	8.02	-3.02

ตัวที่	D ₁	MD ₁	(D ₁ - MD ₁)	ตัวที่	D ₁	MD ₁	(D ₁ - MD ₁)
18	5	8.02	-3.02	43	0	8.02	-8.02
19	13	8.02	4.98	44	5	8.02	-3.02
20	15	8.02	6.98	45	10	8.02	1.98
21	20	8.02	11.98	46	0	8.02	-8.02
22	20	8.02	11.98	47	5	8.02	-3.02
23	15	8.02	6.98	48	5	8.02	-3.02
24	5	8.02	-3.02	49	-5	8.02	-13.02
25	10	8.02	1.98	50	-10	8.02	-18.02
				รวม	401	401	1.1

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาดุกระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยวิธีทางสถิติ t-test

$$MD_1 = 0$$

$$MD_2 = 1.1$$

$$\sum(D_1 - MD_1) = (0)^2$$

$$= 0$$

$$\sum(D_2 - MD_2) = (1.1)^2$$

$$= 1.21$$

$$SD^2 = \frac{\sum(D_1 - MD_1)^2 + \sum(D_2 - MD_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$= \frac{0 + 1.21}{50 + 50 - 2}$$

$$= \frac{1.21}{98}$$

$$= 0.01$$

$$S_{MD_1 - MD_2} = \sqrt{\frac{SD^2}{n_1} + \frac{SD^2}{n_2}}$$

$$= \sqrt{\frac{0}{50} + \frac{0.01}{50}}$$

$$= \sqrt{0 + 0.0002}$$

$$= \sqrt{0.0002}$$

$$= 0.01$$

$$t = \frac{MD_1 - MD_2}{S_{MD_1 - MD_2}}$$

$$= \frac{11.1 - 8.02}{0.01}$$

$$= \frac{3.08}{0.01}$$

$t = 3.08$

ภาคผนวก ฅ

แบบสัมภาษณ์ความพึงพอใจของนายมุดสรินทร์ โต๊ะเด็น

เกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ บ้านปลายทอน ต.ทุ่งปรัง อ.สีชล จ.นครศรีธรรมราช

แบบสัมภาษณ์

เรื่อง ความพึงพอใจของนายมุศรีอินทร์ โต๊ะเต็น ต่อการนำซีเค้กที่ผ่านการหมักด้วยยีสและยูเรีย มาใช้ในการเลี้ยงแพะเป็นเวลา 7 วัน

1. ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์

ชื่อ - นามสกุล นายมุศรีอินทร์ โต๊ะเต็น หรือ บ้างว่า

สถานที่สัมภาษณ์ บ.84 ม.7 ต.ทุ่งปรัง อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช

สัมภาษณ์เมื่อวันที่ 5 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2559

2. คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

- 1) ความพึงพอใจต่อลักษณะทางกายภาพของซีเค้ก เช่น กลิ่น สี
- 2) ความสะดวกในการนำซีเค้กมาใช้เป็นอาหารในการเลี้ยงแพะ
- 3) ระยะเวลาในการกินซีเค้กของแพะจนหมด
- 4) ลักษณะของแพะเมื่อกินซีเค้กไปแล้ว 15 นาที และ 7 วัน
- 5) ขึ้นคักเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นอาหารหลักหรืออาหารเสริมร่วมกับอาหารอื่นของแพะ

3. สรุปประเด็นที่ได้จากการสัมภาษณ์

- 1) นายมุศรีอินทร์ โต๊ะเต็น ได้ใช้ได้ - แพะกินซีเค้กได้โดยสะดวกและรวดเร็ว ไม่ค่อยมีปัญหา
- 2) ใช้เวลา 10-15 นาที กินซีเค้กได้หมด ไม่ค่อยมีปัญหา
- 3) ใช้เวลา 10-15 นาที กินซีเค้กได้หมด ไม่ค่อยมีปัญหา
- 4) ใช้เวลา 10-15 นาที กินซีเค้กได้หมด ไม่ค่อยมีปัญหา
- 5) ใช้เวลา 10-15 นาที กินซีเค้กได้หมด ไม่ค่อยมีปัญหา

ลงชื่อผู้ให้สัมภาษณ์ <u>มุศรีอินทร์ โต๊ะเต็น</u> (นายมุศรีอินทร์ โต๊ะเต็น) เกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ บ้านปลายทอน ต.ทุ่งปรัง อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช	ลงชื่อผู้สัมภาษณ์ <u>นางสาวณัฏฐา สอนใจใหญ่</u> (นางสาวณัฏฐา สอนใจใหญ่) นักเรียนผู้ร่วมทำวิจัยโรงเรียนสิชลคุณาธารวิทยา อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช
ลงชื่อผู้จดบันทึก <u>กัญญาภรณ์ กิ่งเมือง</u> (นางสาวกัญญาภรณ์ กิ่งเมือง) นักเรียนผู้ร่วมทำวิจัยโรงเรียนสิชลคุณาธารวิทยา อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช	ลงชื่อผู้ตรวจสอบ <u>อ.อริศรา</u> (นายอริศรา บุญพิศ) ครูผู้ร่วมทำวิจัยโรงเรียนสิชลคุณาธารวิทยา อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช