

2.5 ตรวจสอบคุณภาพน้ำ

ตลอดการเลี้ยงทั้งในบ่อซีเมนต์และบ่อดิน จะทำการสุ่มตรวจสอบคุณภาพน้ำ ได้แก่ ความเค็มน้ำ ด้วยเครื่อง YSI model 85/10 พีเอช (pH) ด้วยเครื่อง Horiba model D-21 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (D.O.) ด้วยเครื่อง Jenway 9002 model อัลคาไลน์ตี้ (Alkalinity) ไนไตรท์ (NO_2^-) และแอมโมเนีย (NH_3) ด้วยเครื่อง Hanna C203 Multiparameter specific ion meter

2.6 บันทึกผล

- 2.6.1 ระยะเวลาที่ใช้ลอกคราบ ของปูที่ระยะลอกคราบต่าง ๆ แยกตามเพศและขนาด
- 2.6.2 การตายของปูที่ระยะลอกคราบต่าง ๆ แยกตามเพศและขนาด
- 2.6.3 การเพิ่มขนาดของปูที่ระยะลอกคราบต่าง ๆ แยกตามเพศและขนาด
- 2.6.4 ผลผลิตของปูนึ่งที่ผลิตได้ใน 1 รอบการผลิต แยกตามเพศและขนาด
- 2.6.5 ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ในการจำแนกระยะลอกคราบด้วยแว่นขยาย

ผลการวิจัย

1. พัฒนาเทคนิคการจำแนกระยะการลอกคราบของปูม้า

1.1 การตรวจสอบระยะการลอกคราบภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ทำการตรวจสอบระยะการลอกคราบภายใต้กล้องจุลทรรศน์และแยกตามวิธีการของ Pratoomchat *et al.* (2002a) แบ่งออกได้เป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะหลังการลอกคราบตอนต้นหรือระยะ A (Early postmolt stage) ระยะหลังลอกคราบหรือระยะ B (Post molt stage) ระยะคราบแข็งหรือระยะ C (Intermolt stage) ระยะก่อนลอกคราบหรือระยะ D (Premolt stage) ในปูม้าได้จำแนกเป็น 9 ระยะ ได้แก่ ระยะ A, B, C1, C2, C3, D1, D2, D3 และระยะ D4 (ภาพที่ 12) และระยะกำลังลอกคราบ (ระยะ E)

ระยะ A (Early postmolt stage) เป็นระยะที่ปูทะเลเพิ่งเสร็จการลอกคราบใหม่ๆ ที่มีลักษณะเป็นหนังเหนียวๆ ลื่นๆ และมีความอ่อนนุ่ม ชั้นเปลือกบางมากซึ่งประกอบด้วย epicuticle และ Exocuticle ตั้งอยู่บนเนื้อเยื่อชั้น epidermis

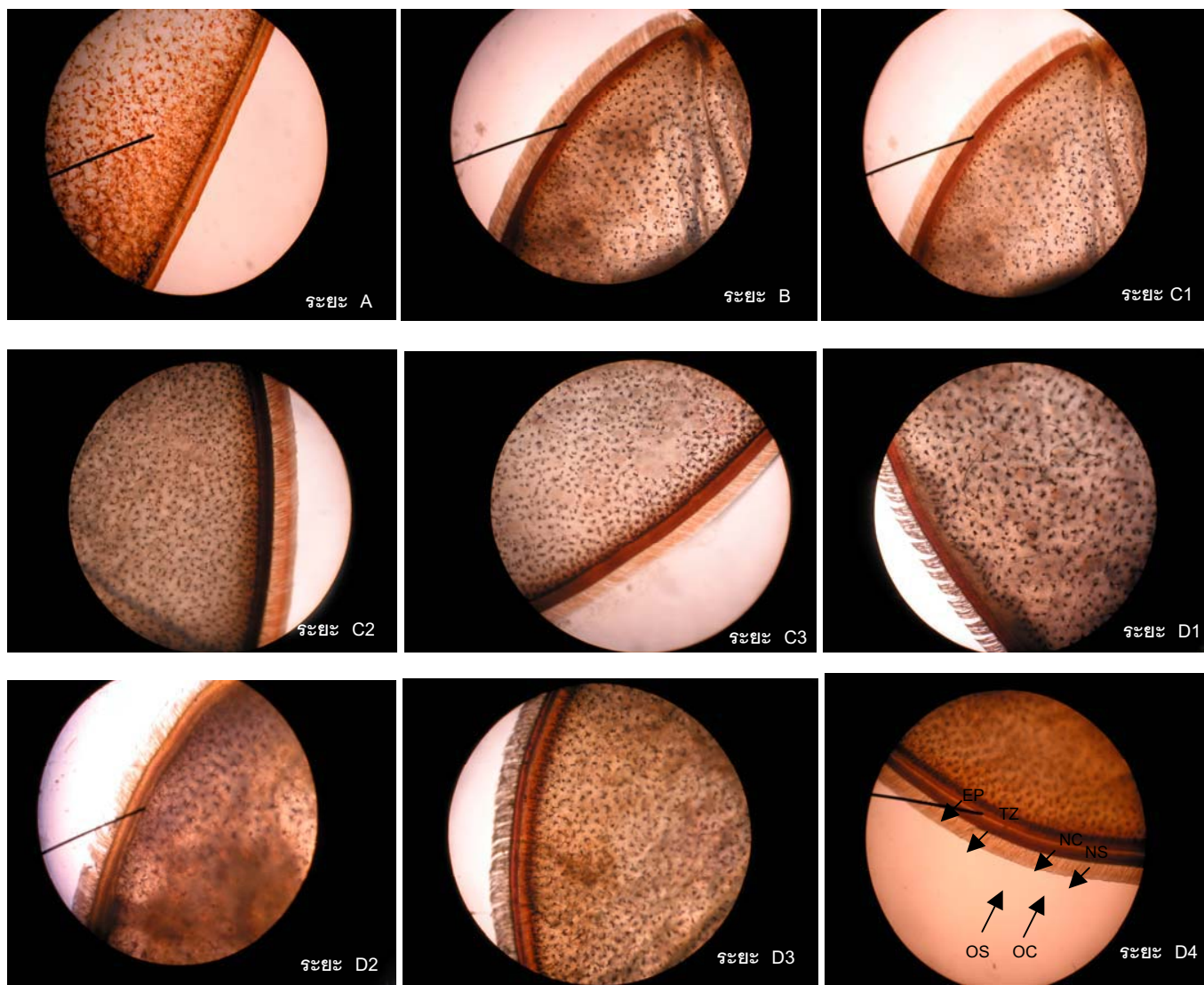
ระยะ B (Postmolt stage) เป็นระยะที่มีการสร้างเปลือกแข็งและหนาขึ้น เนื่องจากเปลือกชั้นเอนโดคิวติเคิล (endocuticle) เริ่มมีการพัฒนา เห็นความหนาของชั้นเปลือกเพียงเล็กน้อย

ระยะ C1-C3 (Intermolt stage) เป็นระยะที่คราบมีความแข็งเต็มที่ เมื่อสังเกตจากกล้องจุลทรรศน์พบว่าการขยายตัวของเปลือกชั้นเอนโดคิวติเคิล (endocuticle) มากขึ้นเรื่อยๆ จึงทำให้เกิดความหนาเพิ่มขึ้นตามลำดับจาก C1-C3 ซึ่งสามารถสังเกตได้จากแถบสีแดง โดยระยะ C3 นั้นสังเกตได้จากความชัดเจนของแนวขอบเนื้อเยื่อชั้น epidermis

ระยะ D1 (Early premolt stage) ระยะนี้เนื้อเยื่อ epidermis จะเริ่มถอยกลับออกจากเปลือกเก่า (แถบสีแดง) สามารถเห็นเป็นช่องว่างเล็กน้อย ยังไม่สามารถเห็นแนวการสร้างขนชุดใหม่ได้ชัด

ระยะ D2 (Mid-Premolt stage) ระยะนี้เนื้อเยื่อ epidermis จะเริ่มถอยกลับออกจากเปลือกเก่า (แถบสีแดง) เกิดช่องว่างห่างมาขึ้นมากกว่าที่เกิดขึ้นในระยะ D1 ประมาณ 1-2 เท่า สามารถเห็นแนวการสร้างขนชุดใหม่ได้ แต่แนวขนยังสั้น

ระยะ D3 (Late premolt stages) ระยะนี้เนื้อเยื่อ epidermis จะเริ่มถอยกลับออกจากเปลือกเก่า (แถบสีแดง) เกิดช่องว่างห่างมากขึ้นมากกว่าที่เกิดขึ้นในระยะ D1 ประมาณ 3 เท่าตัว สามารถเห็นแนวการสร้างขนชุดใหม่ได้ชัดเจนมาก แนวขนเริ่มยาวมากขึ้น แต่ยังไม่ยาวสมบูรณ์



ภาพที่ 12 ระยะการลอกคราบที่ตรวจสอบได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (x 40)

EP = Epidermis; NC = New Cuticle; OC = Old Cuticle; NS = New Setae; OS = Old Setae;

TZ = Transparency Zone

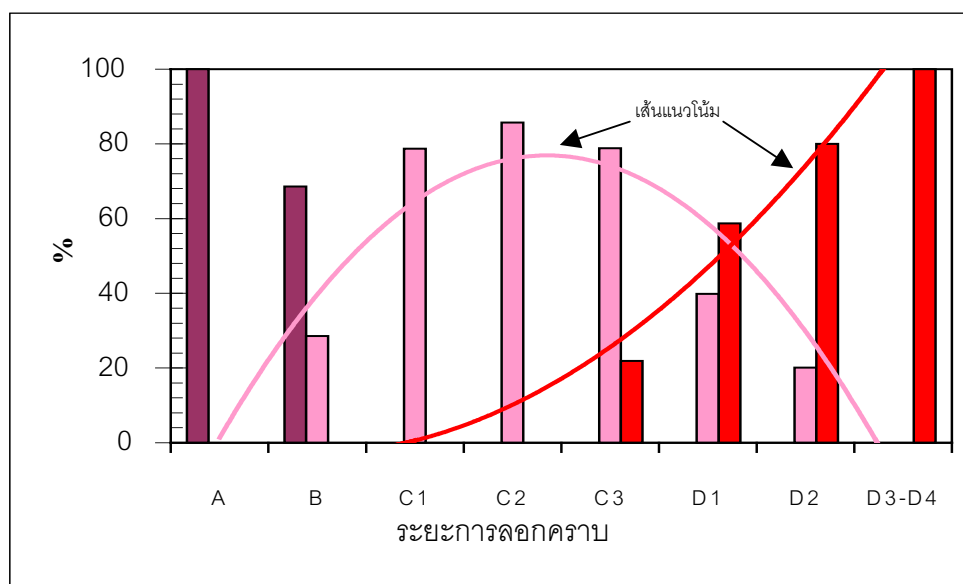
ระยะ D4 (Very late premolt stage) ระยะนี้เนื้อเยื่อ epidermis จะเริ่มถอยกลับออกจากเปลือกเก่า (แถบสีแดง) เกิดช่องว่างห่างมาขึ้นมากกว่าที่เกิดขึ้นในระยะ D1 ประมาณ 5-6 เท่าตัว สามารถเห็นแนวการสร้างขนชุดใหม่ได้ชัดเจนมาก แนวขนยาวมากและสมบูรณ์

ระยะ E (Ecdysis stage) เป็นระยะที่ปูกำลังลอกคราบ

1.2 การตรวจสอบระยะการลอกคราบจากการสังเกตจากลักษณะภายนอกให้มีความแม่นยำด้วยแว่นขยายหรือตาเปล่า

1.2.1 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบริเวณขอบด้านในของแพนชาว่ายนน้ำ (dactylopodite)

จากสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีและช่องว่างบริเวณขอบด้านในของรยางค์คู่ที่ 5 (dactylopodite) ของปูม้าทั้งเพศผู้และเพศเมียที่ระยะการลอกคราบต่าง ๆ ด้วยแว่นขยาย พบว่าช่วงระยะลอกคราบ A-B ขอบแพนหางเป็นสีม่วง 100% และลดน้อยลงในระยะลอกคราบ B ซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นของการเกิดสีชมพู และสีชมพูนี้จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ในระยะ C1 จนสูงสุดในระยะ C2 (88%) อาจสังเกตเห็นสีเขียวบ้างเพียงเล็กน้อย ในระยะ C3 สีแดงเริ่มปรากฏขึ้นและพบจำนวนเพิ่มมากขึ้นตามลำดับจากระยะ D1-D4 ขณะที่สีชมพูค่อย ๆ ลดลงจนไม่พบในระยะ D3-D4 (ภาพที่ 13 และตารางที่ 2)

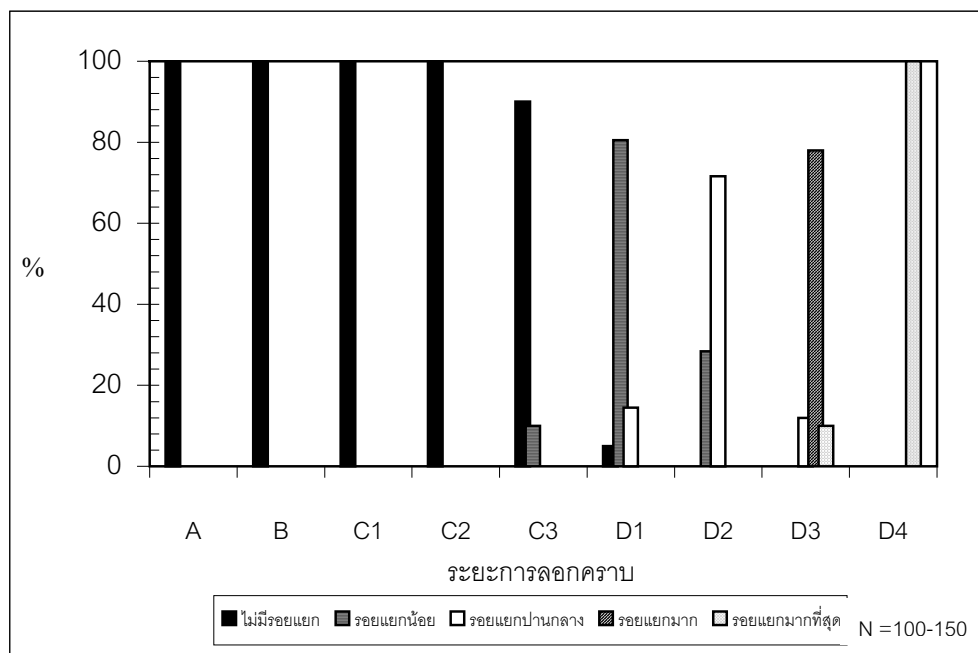


ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณขอบด้านในของแพนชาว่ายนน้ำของปูม้า

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบริเวณขอบด้านในของแพนชาว่ายนํ้า (dactylopodite) โดยการสังเกตจากแว่นขยาย

ระยะ ลอก คราบ	การเปลี่ยนแปลงบริเวณขอบด้านในของแพนชาว่ายนํ้า (dactylopodite)								
	%สีที่ปรากฏ				รอยแยก				
	ม่วง	ชมพู	เขียว	แดง	ไม่มี	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
A	100	0	0	0	100	0	0	0	0
B	0	70	30	0	100	0	0	0	0
C1	0	80	20	0	100	0	0	0	0
C2	0	88	12	0	100	0	0	0	0
C3	0	80	0	20	90	10	0	0	0
D1	0	60	0	40	5	80	15	0	0
D2	0	20	0	80	0	28	72	0	0
D3	0	0	0	100	0	0	12	78	10
D4	0	0	0	100	0	0	0	0	100

ระยะ A-C3 จะไม่พบรอยแยกระหว่างเปลือกเก่าและเปลือกใหม่ แต่จะมีโอกาสหลุดไปบ้างช่วงระยะ C3-D1 หลังจากนั้นจะพบรอยแยกเพียงเล็กน้อยในระยะ D1 รอยแยกปานกลางในระยะ D2 รอยแยกมากในระยะ D3 และชัดเจนมากในระยะ D4 (ภาพที่ 14 และตารางที่ 2) หลังจากทำการตรวจสอบความแม่นยำของข้อมูลที่ได้แล้วพบว่ามีความน่าเชื่อถือที่ระดับ 95% ทั้งเรื่องสี รอยแยก และสีกับรอยแยก

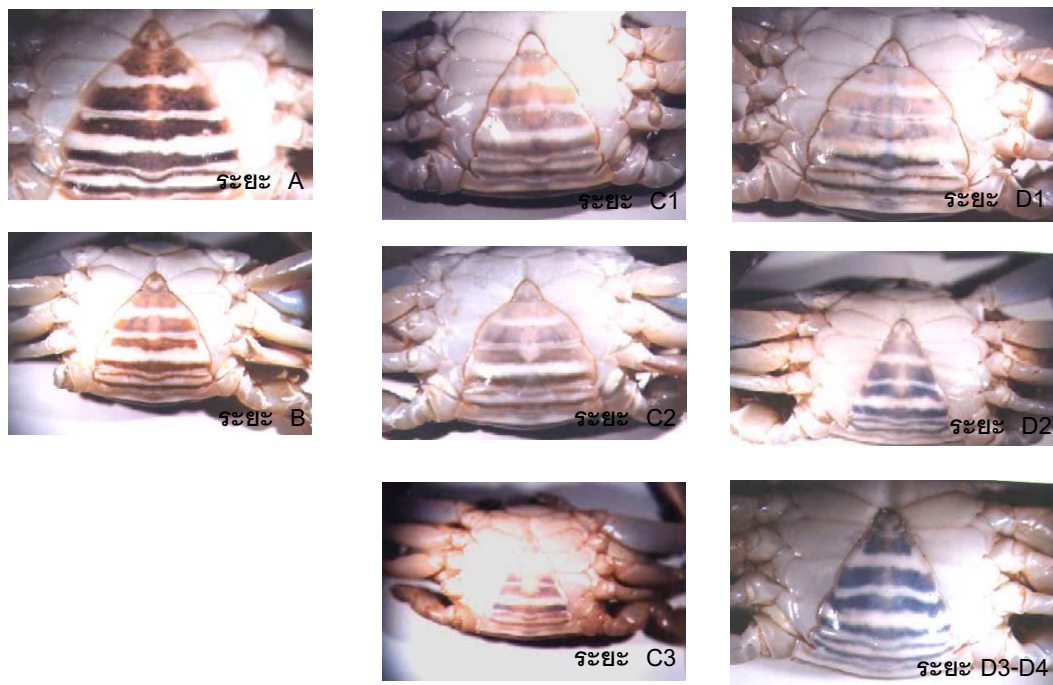


ภาพที่ 14 รอยแยกและระยะห่างของเปลือกเก่าและเปลือกใหม่บริเวณขอบของแพนชาวย่นน้ำปูม้า

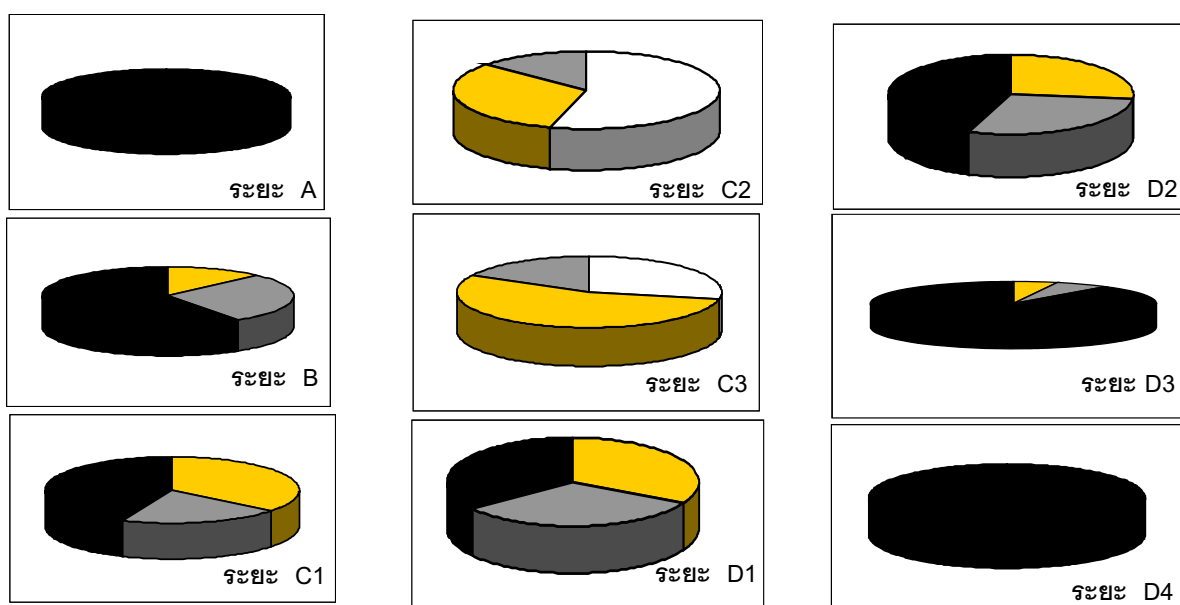
1.3 การสังเกตระยะลอกคราบจากตับปิ้งปูม้า

1.3.1 เพศเมีย

สีตับปิ้งปูม้าเพศเมียมีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ค่อนข้างชัดเจนที่สามารถนำมาเป็นดัชนีประกอบการจำแนกระยะลอกคราบได้ หลังจากทำการตรวจสอบความแม่นยำของข้อมูลที่ได้แล้วพบว่ามีความน่าเชื่อถือที่ระดับ 95% กล่าวคือ ในระยะหลังลอกคราบใหม่ ๆ (stage A) ตับปิ้งปูม้าเพศเมียจะปรากฏแถบสีดำ 100% เมื่อเข้าสู่ระยะ B สีดำจะจางลงเล็กน้อย เริ่มมีสีเทาและน้ำตาลเข้ามาปนเล็กน้อย (40%) สีน้ำตาลและสีเทาจะเริ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จาก 57% แต่ยังคงมีสีดำปะปนอยู่ จนเข้าสู่ระยะ C1 สีดำจะไม่ปรากฏเลย โดยพบสัดส่วนของสีขาว เพิ่มขึ้นมาเป็น 55% ที่เหลือจะเป็นสีน้ำตาลและเทา ในระยะ C2 และ ระยะ C3 จะพบว่าปูมีตับปิ้งสีน้ำตาลสูงสุด 54% ที่เหลือจะเป็นสีขาวและเทา หลังจากนั้นสีดำเริ่มกลับมาปรากฏอีกครั้ง (35%) ในระยะ D1 ขณะที่สีขาวหายไป 44% ในระยะ D2 89% ในระยะ D3 และ 100% ในระยะ D4 (ภาพที่ 15-16 และตารางที่ 2)



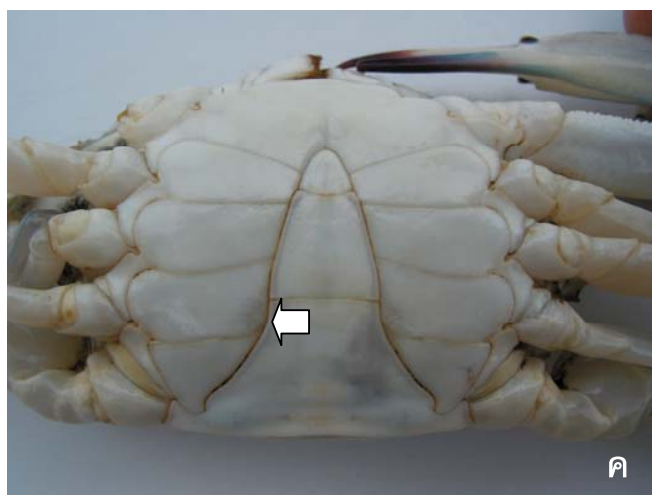
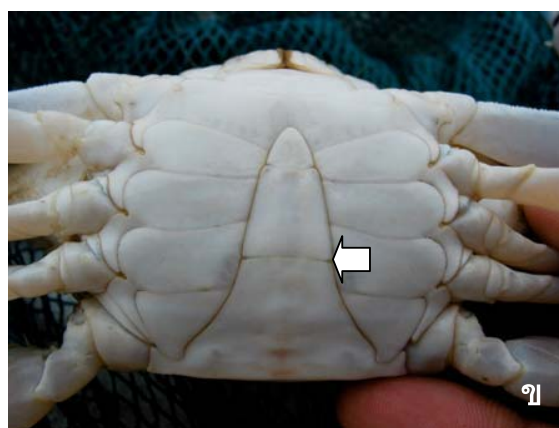
ภาพที่ 15 สีสันปั้งปูม้าเพศเมียตลอดวงจรลอกคราบ



ภาพที่ 16 สัดส่วนของสีตัวปั้งปูม้าเพศเมียตลอดวงจรลอกคราบ

1.3.2 เพศผู้

ตัวปั้งปูม้าเพศผู้ มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนจากร่องรอยของแนวเส้นที่เกิดซ้อนขึ้นมา ด้านใน โดยดูจากความชัดเจนและระยะห่างที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถนำมาเป็นดัชนีประกอบการจำแนก ระยะลอกคราบได้ที่มีความแม่นยำที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กล่าวคือ ระยะลอกคราบจากระยะ A, B, C1-C3 และ D1 ตัวปั้งจะไม่ปรากฏแนวเส้นด้านใน (ภาพที่ 17ก) จนเมื่อเข้าสู่ระยะ D2-D3 จะปรากฏแนวเส้นสีดำด้านใน โดยปรากฏแนวไม่ดำเข้มชัดเจนและไม่ห่างจากขอบตัวปั้งเดิม (ภาพที่ 17ข) เมื่อเข้าสู่ระยะ D4 จึงสังเกตเห็นแนวชัดเจน (ภาพที่ 17ค)



ภาพที่ 17 ความชัดของรอยเส้นที่ปรากฏในขอบด้านในของตัวปั้งปูม้าเพศผู้

2. การเลี้ยงปูม้าในบ่อซีเมนต์

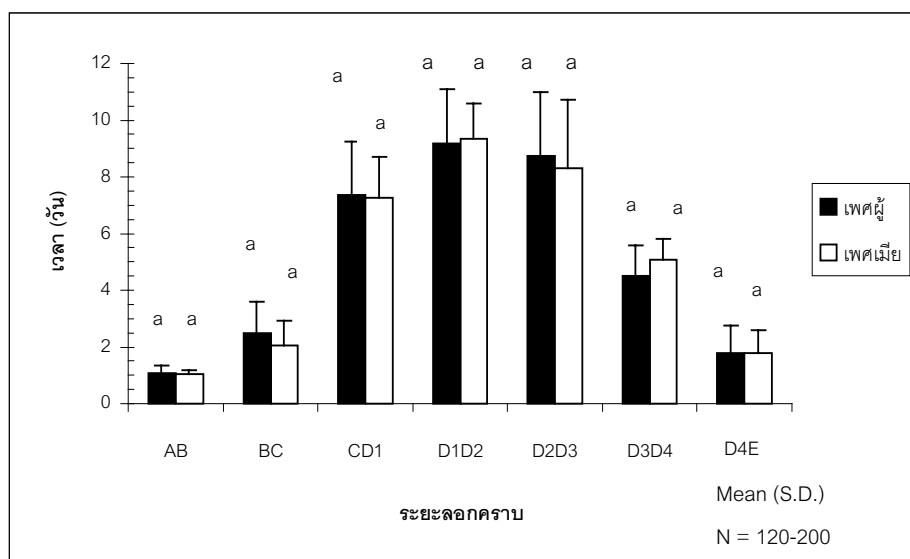
2.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการลอกคราบ

2.1.1 เปรียบเทียบระหว่างเพศ

เมื่อทำการตรวจสอบการใช้เวลาในแต่ละระยะลอกคราบ โดยพิจารณาจากปัจจัยเรื่องเพศ เพียงปัจจัยเดียวแล้วพบว่า เวลาที่ใช้ทุกช่วงระยะลอกคราบไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) (ภาพที่ 18) เป็นการชี้ให้เห็นว่าเพศไม่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาของวงจรการลอกคราบ

2.1.2 เปรียบเทียบระหว่างขนาดปูม้า

เมื่อทำการตรวจสอบการใช้เวลาในแต่ละระยะลอกคราบ โดยพิจารณาจากปัจจัยเรื่องขนาด เพียงปัจจัยเดียวแล้วพบว่า เวลาที่ใช้ช่วงระยะ A-B, B-C, D3-D4 และ D4-E ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ขณะที่ปูม้าขนาดความกว้างกระดอง 10-11 cm ใช้ระยะเวลานานกว่าปูม้าขนาด 8-9 cm ของช่วงระยะ C-D1, D1-D2 และ D2-D3 ตามลำดับ (ภาพที่ 19)

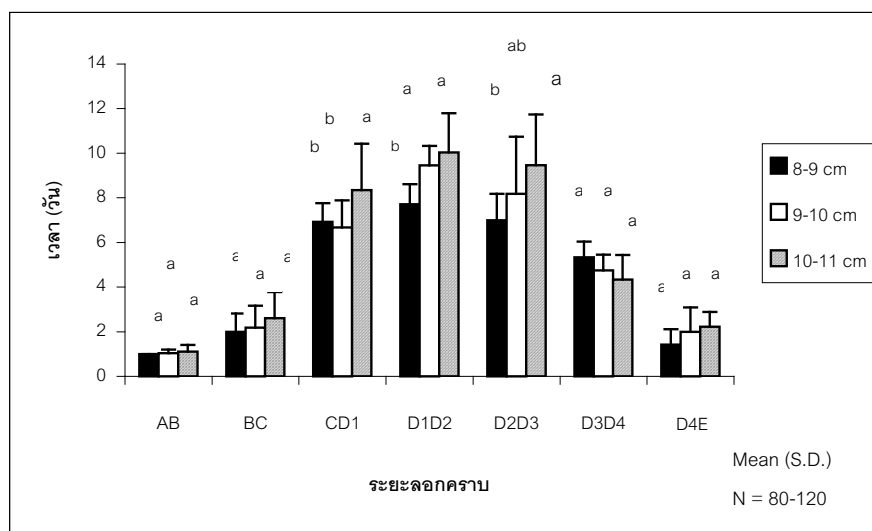


ภาพที่ 18 ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละระยะการลอกคราบเปรียบเทียบระหว่างเพศปูม้าที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าสถิติในแต่ละระยะลอกคราบ

อักษรอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อักษรอังกฤษที่แตกต่างกันหมายถึงให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 19 ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละระยะการลอกคราบเปรียบเทียบระหว่างขนาดปูม้า
ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าสถิติในแต่ละระยะลอกคราบ

อักษรอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อักษรอังกฤษที่ต่างกันหมายถึงให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

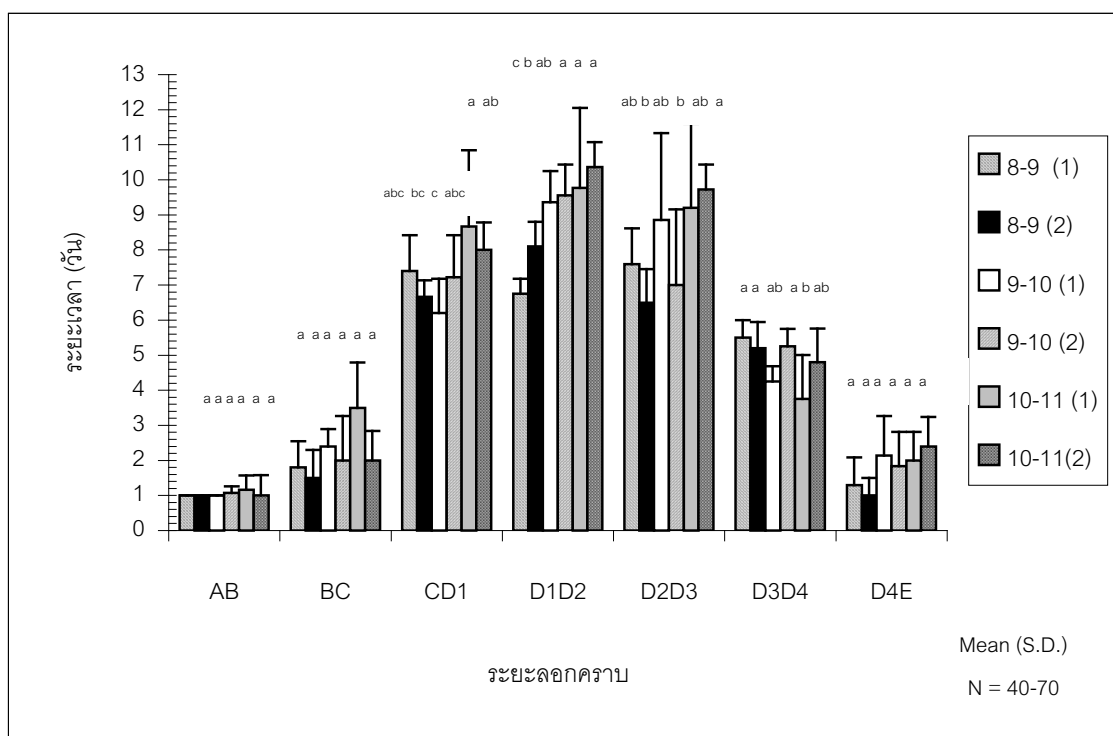
2.1.3 เปรียบเทียบร่วมกันระหว่างขนาดและเพศปูม้า

เมื่อทำการตรวจสอบการใช้เวลาในแต่ละระยะลอกคราบ โดยพิจารณาจากปัจจัยเรื่องขนาดร่วมกับเพศแล้วพบว่า เวลาที่ใช้ช่วงระยะ A-B, B-C และ D4-A ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ขณะที่ปูม้าเพศผู้ขนาดความกว้างกระดอง 9-10 ซม. ใช้ระยะเวลาสั้นที่สุดช่วงระยะลอกคราบ C-D1 สั้นกว่าปูม้าเพศผู้และเพศเมียขนาด 10-11 ซม. ($P<0.05$) (ภาพที่ 20 และตารางที่ 3)

ช่วงระยะลอกคราบ D1-D2 ปูม้าเพศผู้ ขนาด 8-9 ซม. ใช้ระยะเวลาสั้นที่สุด โดยสั้นกว่าปูม้าเพศผู้และเพศเมียขนาด 9-10 ซม. และ 10-11 ซม. และปูม้าเพศเมียขนาด 8-9 ซม. ส่วนปูม้าเพศเมียขนาด 8-9 cm ใช้เวลาสั้นกว่าปูม้าเพศผู้และเพศเมียขนาด 10-11 ซม. และปูเพศเมียขนาด 9-10 ซม. ($P<0.05$) (ภาพที่ 20 และตารางที่ 3)

ช่วงระยะลอกคราบ D2-D3 ปูม้าเพศเมียขนาด 8-9 ซม. และ 9-10 ซม. ใช้ระยะเวลาสั้นที่สุด สั้นกว่าปูม้าเพศเมียขนาด 10-11 ซม. ($P<0.05$) (ภาพที่ 20 และตารางที่ 3)

เมื่อตรวจสอบการใช้เวลาตลอดวงจรลอกคราบ พบว่า ปูม้าเพศผู้และเพศเมียขนาด 8-9 ซม. และ 9-10 ซม. ใช้ระยะเวลาไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยใช้เวลาล้นกว่าปูม้าเพศผู้และเพศเมียขนาด 10-11 ซม. ($P<0.05$) (ตารางที่ 3)



ภาพที่ 20 ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละระยะการลอกคราบเปรียบเทียบระหว่างขนาดร่วมกับเพศของปูม้าที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์

หมายเหตุ

ปูม้ามีความกว้างของกระดอง 3 ขนาด ได้แก่ 8-9 ซม., 9-10 ซม. และ 10-11 ซม.

1 = เพศผู้ 2 = เพศเมีย

เปรียบเทียบค่าสถิติในแต่ละระยะลอกคราบ

อักษรอังกฤษที่เหมือนกันตามแนวตั้งหมายถึงให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อักษรอังกฤษที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 3 ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละระยะการลอกคราบเปรียบเทียบระหว่างขนาดร่วมกับเพศของปูม้าที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์

ขนาดความกว้าง ของกระดอง (เพศ)	ระยะลอกคราบ							
	AB	BC	CD1	D1D2	D2D3	D3D4	D4E	AE
8-9 ซม. (ผู้)	1.0±0.0 ^a	1.8±0.7 ^a	7.4±1.0 ^{abc}	6.8±0.4 ^c	7.6±1.0 ^{ab}	5.5±0.5 ^a	1.3±0.8 ^a	31.4±1.5 ^b
8-9 ซม. (เมีย)	1.0±0.0 ^a	1.5±0.8 ^a	6.7±0.5 ^{bc}	8.1±0.7 ^b	6.5±1.0 ^b	5.2±0.7 ^a	1.0±0.5 ^a	30.0±1.4 ^b
9-10 ซม. (ผู้)	1.0±0.0 ^a	2.4±0.5 ^a	6.2±1.0 ^c	9.4±0.9 ^{ab}	8.9±2.5 ^{ab}	4.3±0.4 ^{ab}	2.1±1.1 ^a	34.2±2.1 ^b
9-10 ซม. (เมีย)	1.1±0.2 ^a	2.0±1.3 ^a	7.2±1.2 ^{abc}	9.6±0.9 ^a	7.0±2.2 ^b	5.3±.5 ^a	1.8±1.0 ^a	33.9±2.4 ^b
10-11 ซม. (ผู้)	1.2±0.4 ^a	3.5±1.3 ^a	8.7±2.2 ^a	9.8±2.3 ^a	9.2±2.4 ^{ab}	3.8±1.3 ^b	2.0±0.8 ^a	38.1±3.5 ^a
10-11 ซม. (เมีย)	1.0±0.0 ^a	2.0±0.6 ^a	8.0±2.1 ^{ab}	10.4±0.8 ^a	9.7±2.2 ^a	4.8±0.8 ^{ab}	2.4±0.5 ^a	38.3±2.4 ^a

หมายเหตุ

เปรียบเทียบค่าสถิติในแต่ละระยะลอกคราบ (mean ± S.D.) n=40-70

อักษรอังกฤษที่เหมือนกันตามแนวดังหมายถึงให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อักษรอังกฤษที่แตกต่างกันตามแนวดังหมายถึงให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2.2 ขนาดที่เพิ่มขึ้นหลังลอกคราบ

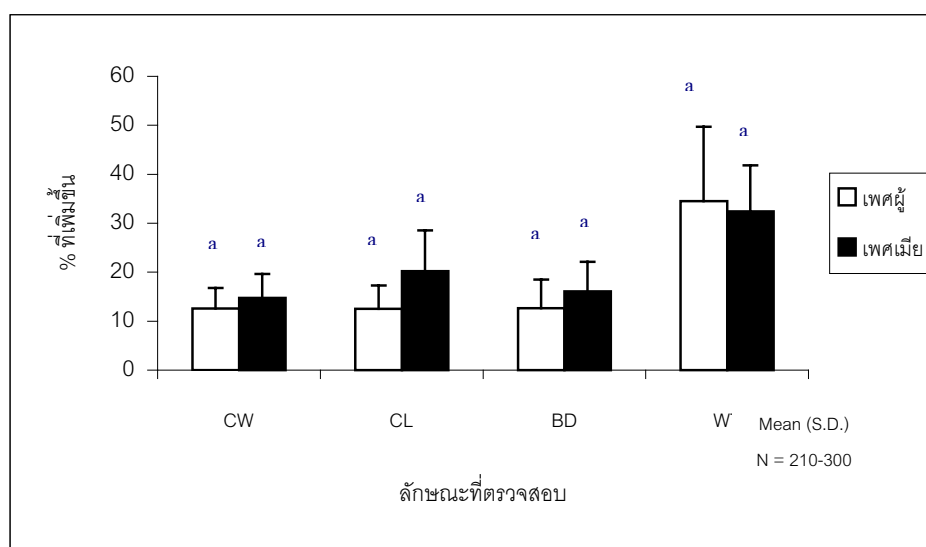
2.1.1 เปรียบเทียบระหว่างเพศ

เมื่อทำการตรวจสอบขนาดที่เพิ่มขึ้นภายหลังลอกคราบ โดยพิจารณาจากปัจจัยเรื่องเพศ เพียงปัจจัยเดียวแล้วพบว่า ขนาดที่เพิ่มขึ้นทั้งความกว้างและความยาวของกระดอง (carapace width and carapace length) ความลึกลำตัว (body depth) และน้ำหนักตัวไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) (ภาพที่ 21) เป็นการชี้ให้เห็นว่าเพศไม่มีอิทธิพลต่อขนาดที่เพิ่มขึ้นหลังลอกคราบ

2.1.2 เปรียบเทียบระหว่างขนาดปูม้า

เมื่อทำการตรวจสอบขนาดที่เพิ่มขึ้นภายหลังลอกคราบ โดยพิจารณาจากปัจจัยเรื่องขนาด เพียงปัจจัยเดียวแล้วพบว่า ความกว้างและความยาวของกระดองและความลึกลำตัวที่เพิ่มขึ้นของปูม้า

ขนาดเล็กมีมากกว่าปูม้าขนาดใหญ่ขึ้น โดยปูม้าขนาดความกว้างกระดอง 8-9 ซม. มีขนาดเพิ่มมากกว่าปูม้าขนาด 10-11 ซม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่น้ำหนักตัวที่เพิ่มของปูม้าขนาดกลาง 9-10 ซม. สูงสุด สูงกว่าปูม้าขนาด 10-11 ซม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากปูขนาดเล็ก 8-9 ซม. (ภาพที่ 22)



ภาพที่ 21 ขนาดที่เพิ่มขึ้นภายหลังลอกคราบเปรียบเทียบระหว่างเพศปูม้าที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์

หมายเหตุ

CW = ความกว้างกระดอง CL = ความยาวกระดอง BD = ความลึกลำตัว W = น้ำหนักตัว

เปรียบเทียบค่าสถิติในแต่ละลักษณะที่ใช้ตรวจสอบ

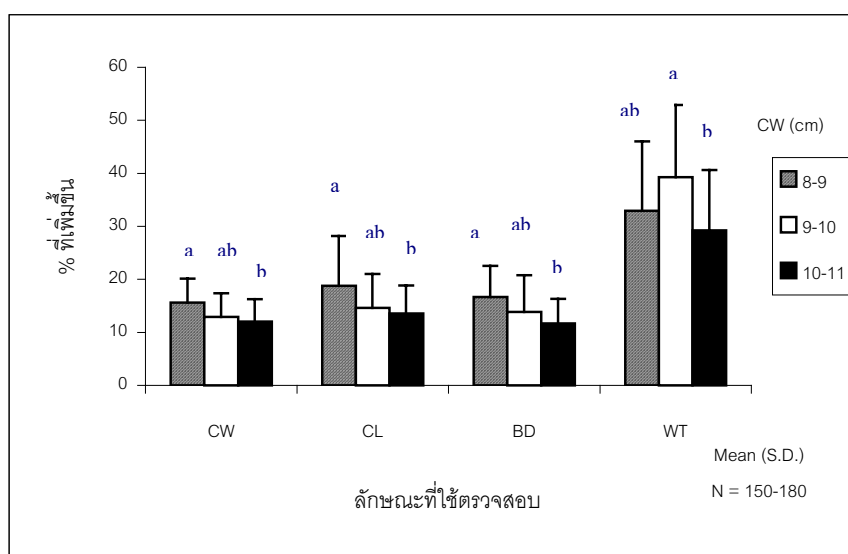
อักษรอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อักษรอังกฤษที่แตกต่างกันหมายถึงให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2.1.3 เปรียบเทียบร่วมกันระหว่างขนาดและเพศปูม้า

เมื่อทำการตรวจสอบขนาดที่เพิ่มขึ้นภายหลังลอกคราบ โดยพิจารณาจากปัจจัยขนาดร่วมกับเพศปูพบว่า ขนาดที่เพิ่มขึ้นของความกว้างของปูม้าขนาดเล็ก (8-9 ซม.) ทั้งปูเพศผู้และเพศเมียมีมากกว่าปูม้าขนาดใหญ่ขึ้น โดยปูม้าขนาดความกว้างกระดอง 8-9 ซม. มีขนาดเพิ่มมากกว่าปูม้าเพศผู้ขนาด 10-11 ซม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ความยาวของกระดอง และความลึกลำตัวของปูม้าเพศเมียขนาดความกว้างกระดอง 8-9 ซม. มีขนาดเพิ่มสูงสุด สูงกว่าปูม้าเพศผู้ขนาด 10-11 ซม.

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามก็ดีปูม้าเพศผู้ขนาด 9-10 ซม. มีน้ำหนักเพิ่มสูงสุด (ภาพที่ 23) เป็นการชี้ให้เห็นว่า %การเพิ่มขนาดของปูขนาดเล็กมีมากกว่าภายหลังลอกคราบ อย่างไรก็ตามก็ดีหากทำการเปรียบเทียบน้ำหนักที่เพิ่มมากขึ้นแล้ว พบว่าปูม้าที่มีขนาดใหญ่ขึ้นมีโอกาการเพิ่มน้ำหนักได้ดีกว่า



ภาพที่ 22 ขนาดที่เพิ่มขึ้นภายหลังลอกคราบเปรียบเทียบระหว่างขนาดปูม้าที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์

หมายเหตุ 1 = เพศผู้ 2 = เพศเมีย

CW = ความกว้างกระดอง CL = ความยาวกระดอง BD = ความลึกลำตัว WT = น้ำหนักตัว

เปรียบเทียบค่าสถิติในแต่ละลักษณะที่ใช้ตรวจสอบ

อักษรอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

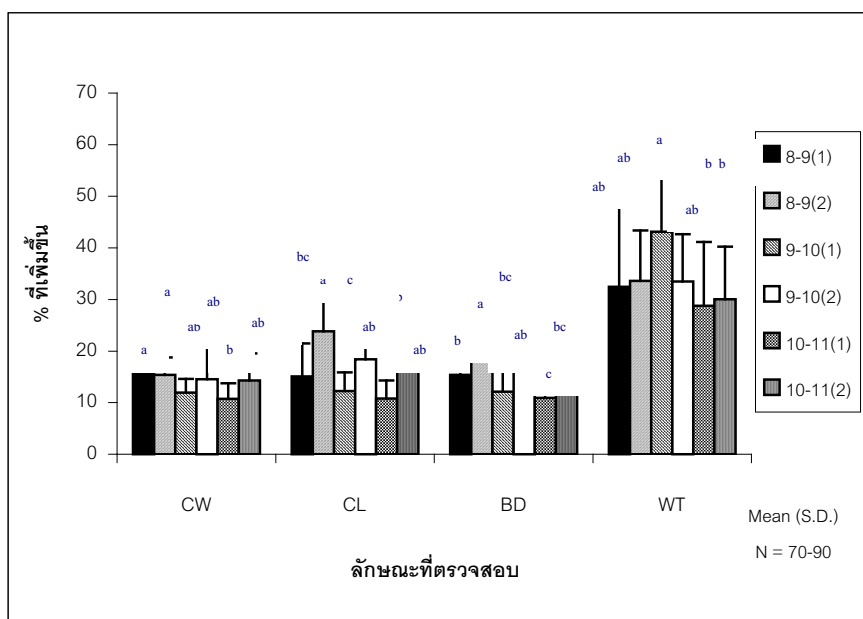
อักษรอังกฤษที่แตกต่างกันหมายถึงให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2.3 อัตราการตาย

ตลอดการเลี้ยงปูม้าเพื่อผลิตเป็นปูนิ่มในบ่อซีเมนต์ โดยใช้ปูม้าจากการจับจากชาวประมง พบว่าการตายของปูมีสาเหตุหลัก 3 ประการ ได้แก่

2.3.1 การตายจากการลำเลียงจากชาวประมงสู่ฟาร์ม มีการตายระหว่างการลำเลียง 3% ปูที่ตายระหว่างการลำเลียงส่วนใหญ่เป็นปูที่มีระยะลอกคราบ B-C1 ชาวประมงเป็นผู้รับผิดชอบ

2.3.2 การตายระหว่างเลี้ยงภายในฟาร์ม 20% ส่วนใหญ่มีปัญหามาจากการบอบช้ำระหว่างการลำเลียง และการหนีบก้น



ภาพที่ 23 ขนาดที่เพิ่มขึ้นภายหลังลอกคราบเปรียบเทียบระหว่างเพศและขนาดที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์

หมายเหตุ 1 = เพศผู้ 2 = เพศเมีย

CW = ความกว้างกระดอง CL = ความยาวกระดอง BD = ความลึกลำตัว WT = น้ำหนักตัว

เปรียบเทียบค่าสถิติในแต่ละลักษณะที่ใช้ตรวจวัด

อักษรอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

อักษรอังกฤษที่ต่างกันหมายถึงให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

2.1.3 การตายเนื่องจากเพรียงถ่วงอก (*Octolasmis* spp) จะทำให้ปูม้ามีการทยอยตายเรื่อย ๆ โดยจะเริ่มตายเมื่อเลี้ยงไปประมาณ 10 วัน กล่าวคือ ระยะที่ 1 ลดการกินอาหาร 30% และมีอาการเซื่องซึม ไม่ค่อยเคลื่อนไหว ระยะที่ 2 ปูลดการกินอาหารมากขึ้น 50% และมีอาการเซื่องซึม เคลื่อนไหวช้าลง ระยะที่ 3 ปูวางก้าม และก้ามปูเปลี่ยนเป็นสีม่วง เคลื่อนไหวช้ามาก ตอบสนองต่อสิ่งเร้าช้า ไม่กินอาหาร ระยะที่ 4 ปูไม่กินอาหาร ปูตายในลักษณะวางก้าม ปูจะเริ่มทยอยตายวันละ 10% ในช่วงแรก และตายเพิ่มวันละ 15-20% จนหมด

2.4 คุณภาพน้ำ

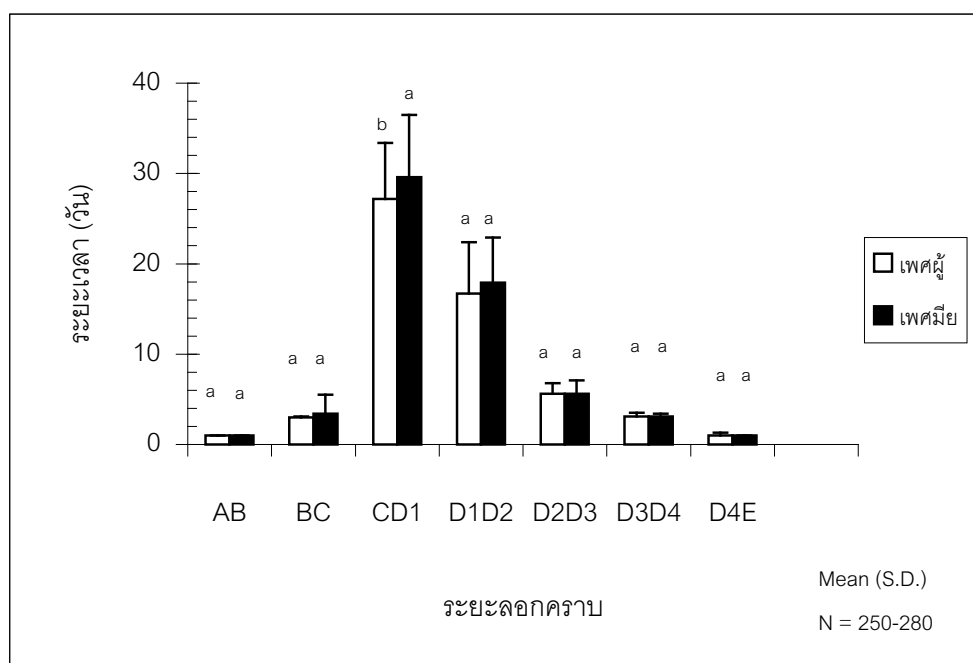
จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง พบว่า ระดับความเค็มอยู่ที่ 20 ส่วนในพัน อุณหภูมิ 27 – 29 °C พีเอช 7.9-8.2 ส่วนไนโตรเจน 0.04-0.10 มก./ลิตร และแอมโมเนีย 0.10-0.35 มก./ลิตร D.O. 6.0-6.8 มก./ลิตร ซึ่งคุณภาพน้ำยังอยู่ระดับไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50-80% ทุกวัน และมีการนำอาหารที่เหลือออกไปหลังจากให้ปูกินเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง

3.การเลี้ยงปูม้าในบ่อดิน

3.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการลอกคราบ

3.1.1 เปรียบเทียบระหว่างเพศ

เมื่อทำการตรวจสอบการใช้เวลาในแต่ละระยะลอกคราบ โดยพิจารณาจากปัจจัยเรื่องเพศ เพียงปัจจัยเดียวแล้วพบว่า เวลาที่ใช้ของปูม้าเพศเมียใช้ระยะเวลานานกว่าปูม้าเพศผู้ ($P < 0.05$) ที่ระยะลอกคราบ CD1 (ภาพที่ 24)



ภาพที่ 24 ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละระยะการลอกคราบเปรียบเทียบระหว่างเพศปูม้าที่เลี้ยงในบ่อดิน

หมายเหตุ

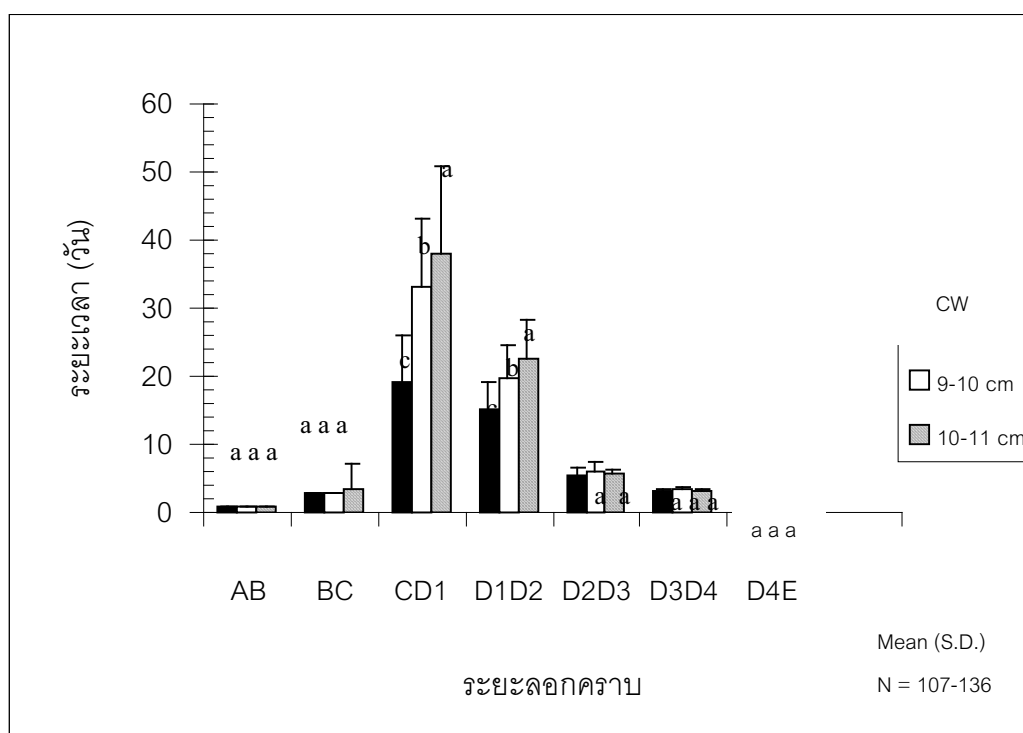
เปรียบเทียบค่าสถิติในแต่ละระยะลอกคราบ

อักษรอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อักษรอังกฤษที่ต่างกันหมายถึงให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

3.1.2 เปรียบเทียบระหว่างขนาดปูม้า

เมื่อพิจารณาจากปัจจัยเรื่องขนาดเพียงปัจจัยเดียวแล้วพบว่า ปูม้าทุกขนาดใช้ระยะเวลาช่วง AB, BC, D2D3, D3D4 และ D4A ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ขณะที่ระยะ CD1 และ D1D2 นั้นปูม้าขนาดความกว้างกระดอง 10-11 ซม. ใช้ระยะเวลานานที่สุด นานกว่าปูม้าขนาด 9-10 ซม. และ 8-9 ซม. ($P<0.05$) ปูม้าขนาด 9-10 ซม. ใช้เวลานานกว่าขนาด 8-9 ซม. ($P<0.05$) (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 25 ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละระยะการลอกคราบเปรียบเทียบระหว่างขนาดปูม้าที่เลี้ยงในบ่อดิน

หมายเหตุ

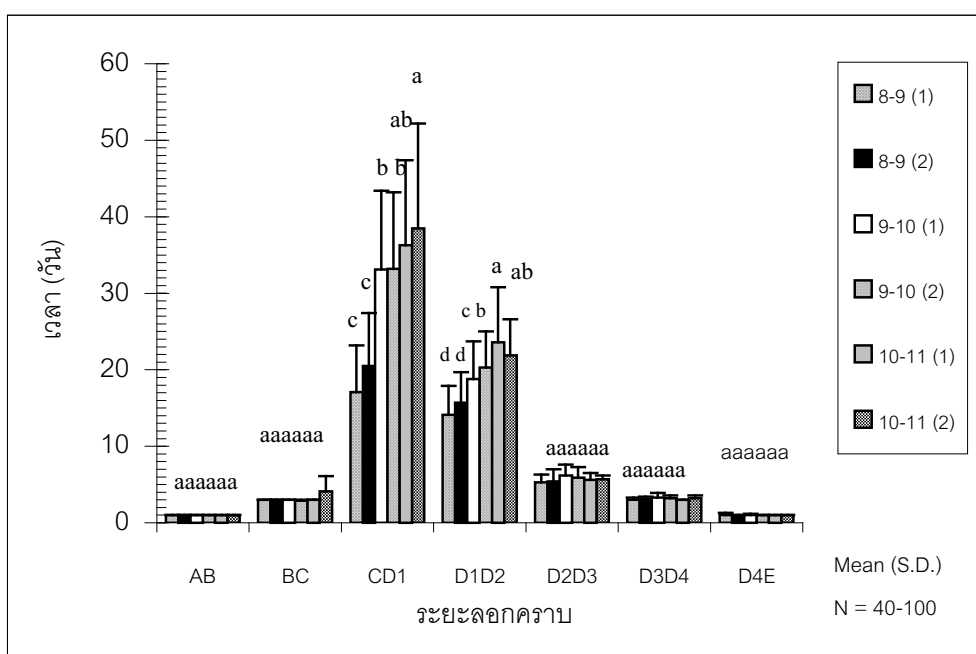
เปรียบเทียบค่าสถิติในแต่ละระยะลอกคราบ

อักษรอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อักษรอังกฤษที่ต่างกันหมายถึงให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

1.3 เปรียบเทียบร่วมกันระหว่างขนาดและเพศปูม้า

เวลาที่ใช้ช่วงระยะ AB, BC, D2D3, D3D4 และ D4E ของปูม้าทั้ง 2 เพศ ทุกขนาด ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ขณะที่ปูม้าเพศผู้และเพศเมียขนาดเล็ก (8-9 ซม.) ใช้ระยะเวลาสั้นที่สุด ของช่วงระยะลอกคราบ C-D1 และ D1-D2 โดยพบสั้กว่าปูม้าที่มีขนาดใหญ่ (9-11 ซม.) ทั้ง 2 เพศ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ภาพที่ 26 และตารางที่ 4) ในทำนองเดียวกันปูม้าขนาดเล็กทั้งเพศผู้และเพศเมียใช้ระยะเวลาทั้งวงจรการลอกคราบสั้นที่สุดอีกด้วย ($P<0.05$) (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 26 ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละระยะการลอกคราบเปรียบเทียบระหว่างขนาดร่วมกับเพศปูม้าที่เลี้ยงในบ่อดิน

หมายเหตุ

ปูม้ามีความกว้างของกระดอง 3 ขนาด ได้แก่ 8-9 ซม. 9-10 ซม. และ 10-11 ซม.

1 = เพศผู้ 2 = เพศเมีย

เปรียบเทียบค่าสถิติในแต่ละระยะลอกคราบ

อักษรอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อักษรอังกฤษที่ต่างกันหมายถึงให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4 ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละระยะการลอกคราบเปรียบเทียบระหว่างขนาดร่วมกับเพศของปูม้าที่เลี้ยงในบ่อดิน

ขนาดความกว้าง กระดอง (เพศ)	ระยะลอกคราบ							
	AB	BC	CD1	D1D2	D2D3	D3D4	D4A	AE
8-9 ซม. (ผู้)	1.0±0.0 ^a	3.0±0.0 ^a	17.1±6.1 ^c	14.1±3.8 ^d	5.3±1.0 ^a	3.0±0.3 ^a	1.0±0.3 ^a	49.9±3.2 ^c
8-9 ซม. (เมีย)	1.0±0.0 ^a	3.0±0.0 ^a	20.5±6.9 ^c	15.7±4.0 ^d	5.4±1.6 ^a	3.1±0.3 ^a	1.0±0.0 ^a	49.3±2.6 ^c
9-10 ซม. (ผู้)	1.0±0.0 ^a	3.0±0.0 ^a	33.1±10.3 ^b	18.8±4.9 ^c	6.2±1.4 ^a	3.3±0.6 ^a	1.0±0.2 ^a	65.7±9.0 ^b
9-10 ซม. (เมีย)	1.0±0.0 ^a	2.9±0.1 ^a	33.2±10.0 ^b	20.3±4.7 ^{bc}	5.9±1.4 ^a	3.2±0.4 ^a	1.0±0.0 ^a	63.9±8.9 ^b
10-11 ซม. (ผู้)	1.0±0.0 ^a	3.0±0.0 ^a	36.3±11.1 ^{ab}	23.6±7.2 ^a	5.6±0.9 ^a	3.0±0.0 ^a	1.0±0.0 ^a	66.8±9.5 ^a
10-11 ซม. (เมีย)	1.0±0.0 ^a	4.0±2.0 ^a	38.5±13.7 ^a	21.9±4.7 ^{ab}	5.7±0.5 ^a	3.2±0.4 ^a	1.0±0.0 ^a	77.3±4.3 ^a

หมายเหตุ

เปรียบเทียบค่าสถิติในแต่ละระยะลอกคราบ (Mean ± S.D.) N=40-100

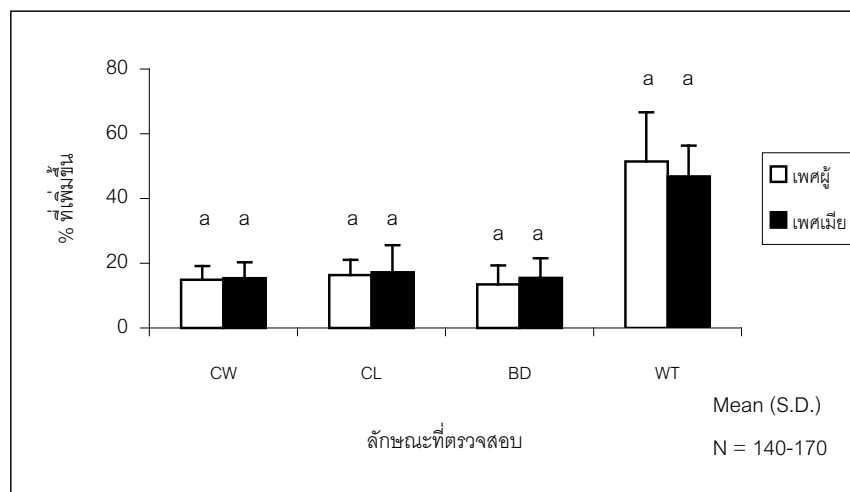
อักษรอังกฤษที่เหมือนกันตามแนวดังหมายถึงให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อักษรอังกฤษที่แตกต่างกันตามแนวดังหมายถึงให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

3.2 ขนาดที่เพิ่มขึ้นหลังการลอกคราบ

3.2.1 เปรียบเทียบระหว่างเพศ

เมื่อทำการตรวจสอบขนาดที่เพิ่มขึ้นภายหลังลอกคราบ โดยพิจารณาจากปัจจัยเรื่องเพศ เพียงปัจจัยเดียวแล้วพบว่า ขนาดที่เพิ่มขึ้นทั้งความกว้างและความยาวกระดอง ความลึกลำตัว และน้ำหนักตัวไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) (ภาพที่ 27)



ภาพที่ 27 ขนาดที่เพิ่มขึ้นภายหลังลอกคราบเปรียบเทียบระหว่างเพศปูม้าที่เลี้ยงในบ่อดิน

หมายเหตุ

CW = ความกว้างกระดอง CL = ความยาวกระดอง BD = ความลึกลำตัว WT = น้ำหนักตัว

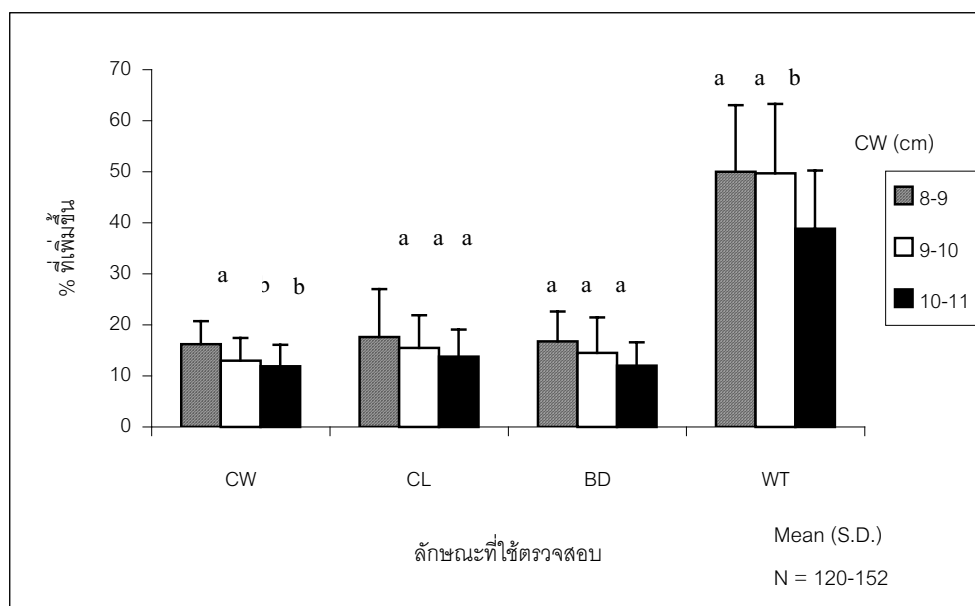
เปรียบเทียบค่าสถิติในแต่ละลักษณะที่ใช้ตรวจสอบ

อักษรอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

อักษรที่อังกฤษแตกต่างกันหมายถึงให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

3.2.2 เปรียบเทียบระหว่างขนาดปูม้า

เมื่อทำการตรวจสอบขนาดที่เพิ่มขึ้นภายหลังลอกคราบ โดยพิจารณาจากปัจจัยเรื่องขนาดเพียงปัจจัยเดียวแล้วพบว่า ขนาดที่เพิ่มขึ้นของความกว้างกระดอง ของปูม้าขนาดเล็ก (8-9 ซม.) มีมากกว่าปูม้าขนาดใหญ่อีก 2 ขนาด ($P < 0.05$) ขณะที่น้ำหนักตัวที่เพิ่มของปูม้าเล็ก (8-9 ซม.) และปูม้าขนาดกลาง (9-10 ซม.) สูงกว่าปูม้าขนาดใหญ่ (10-11 ซม.) ($P < 0.05$) โดยที่ความยาวกระดองและความลึกลำตัวที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) (ภาพที่ 28) เป็นการชี้ให้เห็นว่า เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขนาดของปูขนาดเล็กมีโอกาสสูงมากกว่าภายหลังลอกคราบ



ภาพที่ 28 ขนาดที่เพิ่มขึ้นภายหลังลอกคราบเปรียบเทียบระหว่างขนาดปูม้าที่เลี้ยงในบ่อดิน

หมายเหตุ

CW = ความกว้างกระดอง CL = ความยาวกระดอง BD = ความลึกลำตัว WT = น้ำหนักตัว

เปรียบเทียบค่าสถิติในแต่ละลักษณะที่ใช้ตรวจสอบ

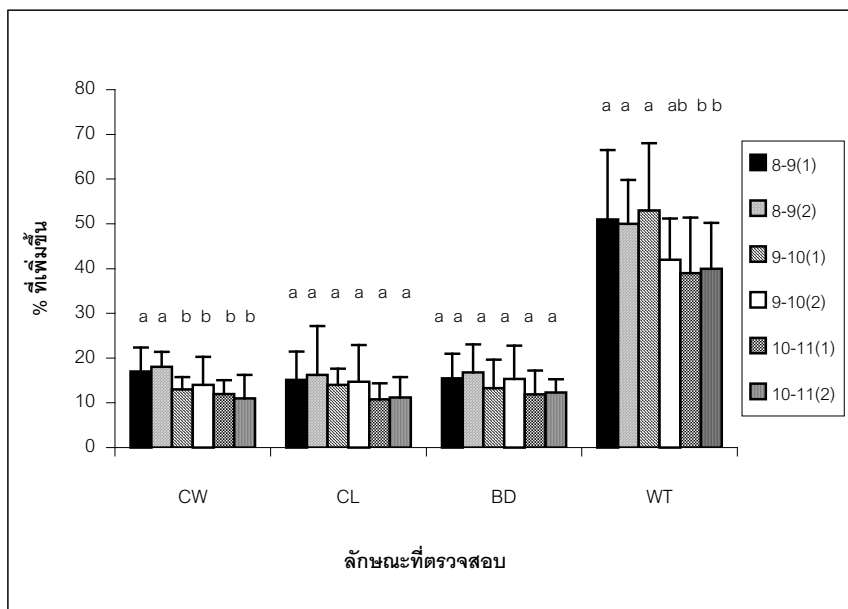
อักษรที่เหมือนกันหมายถึงให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อักษรที่ต่างกันหมายถึงให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2.2.3 เปรียบเทียบร่วมกันระหว่างขนาดและเพศปูม้า

เมื่อทำการตรวจสอบขนาดที่เพิ่มขึ้นภายหลังลอกคราบ โดยพิจารณาจากปัจจัยขนาดร่วมกับเพศพบว่า ขนาดที่เพิ่มขึ้นของความกว้างกระดองของปูม้าขนาดเล็ก (8-9 ซม.) ทั้งเพศผู้และเพศเมีย มีมากกว่าปูม้าเพศผู้และเพศเมียขนาดกลาง (9-10 ซม.) และขนาดใหญ่ (10-11 ซม.) ($P<0.05$) ซึ่งการเพิ่มของปูขนาดกลางและขนาดใหญ่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) (ภาพที่ 29)

ปูม้าเพศผู้และเมียขนาด 9-10 ซม. และ ขนาด 8-9 ซม. มีน้ำหนักที่เพิ่มมากขึ้นกว่าปูม้าที่มีขนาดใหญ่ทั้งเพศผู้และเมีย ($P<0.05$) ขณะที่ความลึกลำตัวและความยาวของกระดองที่เพิ่มขึ้นไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) (ภาพที่ 29)



ภาพที่ 29 ขนาดที่เพิ่มขึ้นภายหลังลอกคราบเปรียบเทียบระหว่างเพศและขนาดปูม้าที่เลี้ยงในบ่อดิน

หมายเหตุ

1 = เพศผู้ 2 = เพศเมีย

CW = ความกว้างกระดอง CL = ความยาวกระดอง BD = ความลึกลำตัว WT = น้ำหนักตัว

เปรียบเทียบค่าสถิติในแต่ละลักษณะที่ใช้ตรวจสอบ

อักษรที่เหมือนกันหมายถึงให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

อักษรที่ต่างกันหมายถึงให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การอภิปรายผล

1. การตรวจสอบระยะลอกคราบ

มีความเป็นไปได้สูงในการจำแนกระยะการลอกคราบของปูม้าเพศผู้และเพศเมีย โดยสังเกตจากลักษณะภายนอก สามารถอภิปรายผลการศึกษาได้ดังนี้

1.1 การเปลี่ยนแปลงสีและรอยแยกบริเวณปลายรยางค์ขาเดินคู่ที่ 5 ของปูม้า

การเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณ dactylopodite ในรอบวงจรการลอกคราบจะปรากฏสี 4 สี ได้แก่ ม่วงแดง เขียว ชมพู และแดง ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงของสีอย่างต่อเนื่อง ให้ผลใกล้เคียงกับการรายงานของ Whitaker *et al.* (1987) ที่รายงานในปู blue crab (*Callinectes sapidus*) กล่าวคือระยะหลังลอกคราบ (Early post molt stage) หรือระยะ A จะปรากฏสีม่วงแดง 100% ระยะ B จะปรากฏสีม่วงแดง สีเขียว และสีชมพู เท่ากับ 68.4%, 2.9% และ 28.6% ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดขึ้นในระยะหลังการลอกคราบเริ่มจากสีม่วงแดงไปเป็นสีชมพูมากขึ้น

ระยะปูกระดองแข็ง (Intermolt stage) ได้แก่ ระยะ C1 จะปรากฏสีเขียว 21.3% และสีชมพู 78.7% ระยะการลอกคราบ C2 ปรากฏสีเขียว 14.3% และสีชมพู 85.7% ระยะการลอกคราบ C3 ปรากฏสีเขียว สีชมพู และสีแดงเท่ากับ 3.3%, 74.8% และ 21.9% การเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดขึ้นในระยะปูกระดองแข็งส่วนใหญ่พบสีชมพู เป็นสัญลักษณ์ของระยะ C1-C3 โดยระยะ C3 เริ่มปรากฏสีแดง

การเปลี่ยนแปลงของรอยแยกบริเวณ dactylopodite ของปูม้าระยะลอกคราบ A ถึง C3 สามารถสรุปได้ว่าจะไม่ปรากฏรอยแยก แต่อาจจะมีข้อผิดพลาดได้บ้างที่ระยะ C3

ระยะก่อนลอกคราบ (Premolt stage) ได้แก่ ระยะลอกคราบ D1 ปรากฏสีชมพู และสีแดง เป็นส่วนใหญ่ เท่ากับ 40% และ 59 % และพบเปอร์เซ็นต์สีแดงมากขึ้นในระยะ D2, D3, D4 เท่ากับ 72%, 90% และ 100% ตามลำดับ เป็นการชัดเจนว่าปูเมื่อใกล้ลอกคราบปลายรยางค์จะมีสีแดงเพิ่มมากขึ้น แล้ว พบด้วยว่าสีจะเข้มและขยายวงกว้างมากยิ่งขึ้น ประกอบกับสามารถจำแนกเป็นระยะ D1 ได้ เนื่องจากมีรอยแยกน้อย ระยะลอกคราบ D2 พบรอยแยกปานกลาง และระยะลอกคราบ D3-D4 จะปรากฏรอยแยกมาก จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของรอยแยกอย่างชัดเจนโดยจะมีรอยแยกที่มากขึ้นเมื่อใกล้ลอกคราบ

1.2. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสปีบริเวณตบั้งของปูม้าเพศเมีย

จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงสปีบริเวณตบั้งของปูม้าเพศเมีย สามารถจำแนกสีออกเป็น 4 สี คือ สีขาว สีส้มน้ำตาล สีเทา และสีดำ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปตามระยะลอกคราบ โดยระยะลอกคราบ A จะปรากฏสีดำเพียงสีเดียว ระยะลอกคราบ B ยังคงปรากฏสีดำแกมเทาเป็นส่วนใหญ่ ระยะลอกคราบ C1 ยังคงมีสีเทาดำแต่จะมีสีน้ำตาลแทรกมามากขึ้น จนสีดำหรือเทาหายไปในระยะ C2 จะปรากฏสีขาวและสีน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ ระยะลอกคราบ C3 ยังคงปรากฏสีขาว สีน้ำตาลเหมือนเดิม แต่จะมีสีเทากลับเข้ามา จนกระทั่งเข้าสู่ระยะ D1 สีน้ำตาลเริ่มลดลง โดยสีเทาดำกลับมามีมากขึ้น จนสีจะดำมากขึ้นและพบจำนวนมากขึ้นตลอดเวลาในระยะ D2-D3 จนพบสีดำอย่างเดียวยุใน ระยะ D4 แสดงว่าปูใกล้จะลอกคราบ

1.3 ตบั้งปูม้าเพศผู้

ตบั้งปูม้าเพศผู้มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนจากร่องรอยของแนวเส้นที่เกิดซ้อนขึ้นมา ด้านใน โดยดูจากความชัดเจนและระยะห่างที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถนำมาจำแนกระยะลอกคราบได้ ระยะลอกคราบจากระยะ A-D1 ตบั้งจะไม่ปรากฏแนวเส้นด้านใน จนเมื่อเข้าสู่ระยะ D2-D3 จะปรากฏแนวเส้นสีดำด้านในแต่แนวไม่ดำเข้มชัดเจนและไม่ห่างจากขอบตบั้งเดิม จนเมื่อเข้าสู่ระยะ D4 จึงสังเกตเห็นแนวชัดเจน

2. ระยะเวลาที่ใช้ลอกคราบ

2.1 เพศไม่มีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ลอกคราบ

เพศปูไม่ใช่ปัจจัยจำกัดอย่างชัดเจนที่มีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการลอกคราบทั้งวงจร ซึ่งจากการตั้งสมมติฐานคาดว่าปูม้าเพศเมียขนาดใหญ่น่าจะใช้เวลาในการลอกคราบนานกว่าปูม้าเพศผู้ เนื่องจากการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ผสมพันธุ์ เพื่อกาวไข่ ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่าปูม้าขนาดเล็กกว่าวัยที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์อย่างสมบูรณ์ ซึ่งจากรายงานควรมีขนาดความกว้างของกระดองตั้งแต่ 10 ซม. ขึ้นไป (บุญรัตน์, 2544) อาจเนื่องจากการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ไม่เต็มที่ จึงทำให้ภาพรวมไม่เห็นความแตกต่างก็เป็นได้

เมื่อทำการพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างเพศและขนาดแล้ว ทำให้มีความเชื่อมั่นขึ้นว่าระยะเวลาที่ใช้ทั้งวงจรการลอกคราบนั้นยังคงมีอิทธิพลหลักมาจากขนาดของปูม้าเป็นสำคัญ ปูม้าเพศผู้และเพศ

เมียของแต่ละช่วงขนาดที่เลี้ยงทั้งในบ่อซีเมนต์และบ่อดินใช้เวลาทั้งวงจรการลอกคราบไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม คาดว่าปูม้าเพศเมียน่าจะใช้เวลาในการลอกคราบนานกว่าปูม้าเพศผู้เมื่อใช้ปูม้าขนาดใหญ่กว่านี้ เนื่องจากมีการใช้อาหารสะสม และพลังงานในการสร้างไข่และการสืบพันธุ์ในช่วงของวัยเจริญพันธุ์ อีกทั้งจากการสังเกตปูม้าที่เลี้ยงในบ่อดินพบว่า เมื่อทำการเลี้ยงประมาณ 3 เดือน ปูม้าจะมีขนาด 18 ตัว/กิโลกรัม เริ่มมีการจับคู่ผสมพันธุ์ เมื่อ 3 เดือนครึ่ง ปูม้าจะมีขนาด 70 กรัม (10 ซม.CW) เริ่มมีไข่นอกกระดอง จึงทำให้ปูม้าเพศเมียขนาดใหญ่มีระยะเวลาที่ใช้ในการลอกคราบนานขึ้น

2.2 ปูขนาดเล็กใช้เวลาลอกคราบสั้นกว่าปูขนาดใหญ่

ปูม้าขนาดเล็ก ความกว้างกระดอง 8-9 cm ใช้ระยะเวลาในการลอกคราบสั้นกว่าปูม้าขนาด 9-10 ซม. และ 10-11 ซม. โดยมีอิทธิพลมาจากช่วง C-D2 เป็นสำคัญ ซึ่งมีผลต่อการใช้เวลาทั้งวงจรการลอกคราบ ทั้งของการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์และในบ่อดิน เป็นที่ทราบกันดีว่าปูเป็นครัสเตเชียนที่มีพฤติกรรมการลอกคราบแบบ anecdyasis ซึ่งใช้เวลาช่วงก่อนลอกคราบ (premolt stage) ที่ยาวนาน ปูม้าขนาดเล็กจะมีการลอกคราบถี่กว่าปูขนาดใหญ่ ระยะเวลาที่ใช้ในการลอกคราบจะเพิ่มขึ้นตามขนาดของปู เนื่องจากในปูขนาดเล็กจะมีการเจริญเติบโตสูงกว่าปูที่มีขนาดใหญ่ (Luppi *et al.*, 2004) เช่นเดียวกันกับปู *C. sapidus* ขนาดเล็กความกว้างกระดอง 2-5 ซม. ใช้ระยะเวลาในการลอกคราบ 10-20 วัน ขนาดกลาง (10-12 ซม.) ใช้เวลามากขึ้นเป็น 30 วัน ส่วนขนาดใหญ่ความกว้างกระดอง 13 cm ขึ้นไปใช้ระยะเวลาในการลอกคราบนานถึง 40-50 วัน (Zinski, 2003)

3. การเพิ่มขนาดและน้ำหนักภายหลังการลอกคราบ

3.1 การเพิ่มขนาดปูม้า

ปูขนาดเล็กโดยทั่วไปยังมีการเพิ่มขนาดหลังการลอกคราบ (Van Engel, 1958) เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขนาดหลังการลอกคราบ ปูม้าขนาดเล็ก (8-9 ซม.CW) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความกว้างของกระดอง และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมากกว่าปูขนาดใหญ่ ซึ่งมีการเพิ่มเกือบ 20% สำหรับความกว้างของกระดอง และ 50% สำหรับน้ำหนัก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของจำนงค์ (2522) ที่กล่าวว่าปูม้าขนาดความกว้างกระดองประมาณ 9 ซม. มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขนาดหลังการลอกคราบเฉลี่ย 25% โดยสูงกว่าปูม้าขนาด 11 ซม. ที่มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขนาดหลังการลอกคราบ 16% แสดงให้เห็นว่าปูขนาดเล็กมี เมตาโบลิซึมสูงกว่าปูขนาดใหญ่และสามารถนำอาหารไปใช้ประโยชน์ในการสร้างส่วนต่างๆได้มากกว่าปูขนาดใหญ่ด้วย เนื่องมาจากปูขนาดเล็กนั้นต้องการอาหารไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตเพียง

อย่างเดียว ส่วนปูขนาดใหญ่จำเป็นต้องนำไปใช้ในการสร้างอวัยวะต่างๆเพิ่มขึ้นด้วย เช่น อวัยวะในระบบสืบพันธุ์

อย่างไรก็ตามการประกอบธุรกิจปูม้าในกรณีที่ยังต้องพึ่งวัตถุดิบปูม้าจากธรรมชาติอาจไม่สามารถกำหนดขนาดที่ต้องการ (9-10 ซม.) ก็สามารถใช้ปูม้าขนาด 8-9 ซม.ทดแทนได้ เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มของความกว้างของกระดอง, ความยาวของกระดอง และความลึกลำตัวหลังการลอกคราบ ไม่มีความแตกต่างกับปูม้าขนาด 9-10 ซม.และมีเปอร์เซ็นต์ผลทดแทนในการผลิตสูงกว่าขนาดอื่นๆ แต่อาจจะมีข้อเสียเปรียบในเรื่องของราคาที่สูงกว่าปูม้าขนาดใหญ่ และอาจจะต้องพิจารณาในแง่ของการอนุรักษ์พันธุ์ปูม้าในธรรมชาติ หากมีการนำปูขนาดเล็กมาใช้ในการผลิตกันมากเกินไป

3.2 การเพิ่มน้ำหนัก

จากการศึกษาการเพิ่มขนาดของปูม้าเพศผู้และเพศเมียที่ขนาดต่างๆหลังการลอกคราบพบว่าปูม้าทั้ง 2 เพศ มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขนาดหลังการลอกคราบที่ไม่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าโดยทั่วไปแล้วปูเพศเมียมีโอกาสการขยายขนาดของตัวมากกว่าปูเพศผู้ ในทางตรงกันข้ามเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวที่เพิ่มของปูม้าเพศผู้ (34-51%) สูงกว่าเพศเมีย (32-47%) สอดคล้องกับจำนงค์ (2522) ที่พบว่าในปูม้าขนาดเล็ก (ความกว้างกระดอง 2-5 ซม.) เพศเมีย จะมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มน้ำหนักตัวสูงกว่าเพศผู้ จนกระทั่งปูม้ามีขนาดความกว้างกระดองประมาณ 10 ซม.CW หรือมีอายุประมาณ 161-168 วัน ปูม้าเพศผู้จึงมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับเพศเมีย และจะมีการเจริญเติบโตเร็วกว่าเพศเมียเมื่อมีขนาดมากกว่า 10 ซม. ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อปูม้าเพศเมียจะเริ่มสมบูรณ์เพศจึงต้องนำพลังงานส่วนหนึ่งไปใช้ในการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ ทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง (สุเมธ, 2527)

4. รอบการผลิต

เมื่อทำการประเมินจากระยะเวลาที่ใช้ในการลอกคราบ โดยพิจารณาเริ่มจากระยะลอกคราบ C เนื่องจากปูม้าส่วนใหญ่ที่จับได้อยู่ในระยะนี้ ประเมินได้ว่าปูม้าขนาดเล็กสามารถทำรอบการผลิตได้เร็วสุด จึงสามารถทำรอบการผลิตได้ถึง 13 รอบต่อปี โดยปูม้าขนาดใหญ่จะมีรอบน้อยลงไปตามลำดับ เช่นเดียวกันกับปูม้าที่เลี้ยงในบ่อดินที่พบว่าปูม้าขนาดเล็กมีรอบการผลิตสูงกว่าปูที่มีขนาดใหญ่กว่า โดยมีรอบการผลิตของปูเล็ก 8 รอบต่อปี โดยปูที่เลี้ยงในบ่อดินทุกขนาดจะมีรอบการผลิตต่ำกว่าการ

เลี้ยงในบ่อซีเมนต์อย่างชัดเจน (ตารางที่ 5) อาจจะมีผลมาจากสภาพการเลี้ยงที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ปูม้าที่เลี้ยงในบ่อดินจะถูกกักขังอยู่ในตะกั่วตลอดเวลาจนกว่าจะลอกคราบ อาจส่งผลในเรื่องของความเครียด นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่บ่อดินควบคุมได้ยาก เช่น อุณหภูมิ การละลายของออกซิเจน pH และ ปริมาณของแพลงก์ตอน (ตารางที่ 5)

5 ประเมินธุรกิจการเลี้ยงปูม้านิมเชิงพาณิชย์

5.1 ประเมินรอบการผลิต ต้นทุน ผลตอบแทนของการเลี้ยงปูม้านิม

เมื่อทำการประเมินต้นทุน ผลตอบแทนของการเลี้ยงปูม้านิมโดยใช้ความรู้พื้นฐานเดียวกัน ดังนี้

ต้นทุนผันแปร คือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตที่เกิดจากการใช้ปัจจัยผันแปรซึ่งอาจเป็นเงินสดหรือไม่เป็นเงินสดก็ได้ ต้นทุนผันแปรจะมีส่วนสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณการผลิต สำหรับการเลี้ยงปูม้านิมนี้ ต้นทุนผันแปรที่จะนำมาวิเคราะห์ประกอบด้วย ค่าพันธุ์ปูม้า ค่าอาหาร ค่าเชื้อเพลิง ค่าไฟฟ้า ค่าจ้างแรงงาน ค่าเช่าบ่อ ค่าทำความสะอาดบ่อ ค่าสารเคมีสำหรับวิเคราะห์น้ำ ค่าเสียโอกาสของเงินทุนในต้นทุนผันแปร

ต้นทุนคงที่ คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้ปัจจัยคงที่ในการเลี้ยงปูม้าซึ่งจะเป็นจำนวนคงที่สำหรับปริมาณการผลิตระดับหนึ่งกล่าวคือไม่ว่าปริมาณการผลิตจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ค่าใช้จ่ายประเภทนี้ก็มีจำนวนคงที่ และต้นทุนต่อหน่วยของผลผลิตสำหรับค่าใช้จ่ายประเภทนี้จะลดลงเมื่อปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันต้นทุนต่อหน่วยจะสูงขึ้นเมื่อปริมาณการผลิตลดลง สำหรับการเลี้ยงปูม้านิมนี้ ต้นทุนคงที่ที่จะนำมาวิเคราะห์ประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์ ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนในต้นทุนคงที่

ค่าเสียโอกาสของเจ้าของปัจจัย คือค่าเสียโอกาสในปัจจัยการผลิตที่เจ้าของควรจะได้ถ้านำปัจจัยเหล่านี้ไปหาประโยชน์อย่างอื่นแทนที่จะนำมาใช้ในการเลี้ยงปูม้านิม

ต้นทุนทั้งหมด = ต้นทุนผันแปร + ต้นทุนคงที่ + ค่าเสียโอกาสของเจ้าของปัจจัย

ต้นทุนผันแปร = ค่าพันธุ์ปูม้า + ค่าอาหาร + ค่าเชื้อเพลิง + ค่าไฟฟ้า + ค่าจ้างแรงงาน + ค่าเช่าบ่อ + ค่าทำความสะอาดบ่อ + ค่าสารเคมี + ค่าเสียโอกาสของเงินทุนในต้นทุนผันแปร

ต้นทุนคงที่ = ค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์ + ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนในต้นทุนคงที่

$$\text{ค่าเสียโอกาสของเจ้าของปัจจัย} = \frac{\text{จำนวนวัน} \times \text{จำนวนชั่วโมงทำงาน 1 วัน} \times \text{อัตราค่าแรงงาน}}{\text{จำนวน 1 วันงาน (8 ชั่วโมง)}}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = \frac{\text{มูลค่าซื้อของอุปกรณ์} - \text{มูลค่าซากของอุปกรณ์}}{\text{อายุการใช้งานของอุปกรณ์}}$$

ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนในต้นทุนผันแปรและต้นทุนคงที่ จะคิดจากค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับปัจจัยการผลิตต่างๆ โดยคิดจากมูลค่าปัจจุบันและใช้อัตราร้อยละ 1 ต่อปีเป็นอัตราประเมิน

หากทำการพิจารณาจากระยะเวลาที่ต้นทุนและผลตอบแทนที่ใกล้เคียงกัน ภายใต้การเช่าฟาร์ม และการรอดตาย 70% การผลิตปุ๋ยหมักในบ่อซิเมนต์ต้องใช้พื้นที่ประมาณ 1000 ตารางเมตร โดยมีปุ๋ยเข้า 1000 กิโลกรัมต่อรอบการผลิต ซึ่งสามารถเปรียบเทียบกับการเลี้ยงในบ่อดินพื้นที่ 2 ไร่ (3200 ตารางเมตร) โดยมีปุ๋ยเข้า 11,000-13,000 กิโลกรัมต่อรอบการผลิต (ตารางที่ 5) ซึ่งให้เห็นว่าการลงทุนเริ่มแรกของการเลี้ยงในบ่อซิเมนต์ ($\cong$ 1,900,000 บาท) สูงกว่าการเลี้ยงในบ่อดิน ($\cong$ 1,160,000 บาท) ประมาณ 40% ขณะที่ต้นทุนผันแปรของบ่อซิเมนต์ ($\cong$ 1,770,000 บาท) สูงกว่าการเลี้ยงในบ่อดิน ($\cong$ 826,000 บาท) ประมาณ 1 เท่า (ตารางที่ 6 และ 8) เนื่องจากการเลี้ยงในบ่อซิเมนต์ ต้องมีการลงทุนวัตถุดิบปุ๋ยหมักป้อนเข้าฟาร์มมากกว่า 1 เท่าตัว (ตารางที่ 5) และบ่อซิเมนต์ยังมีค่าเสียหายเรื่องค่าเชื้อเพลิง ไฟฟ้า ที่ต้องมีการใช้เครื่องให้อากาศและเครื่องสูบน้ำมาก และค่าเช่าฟาร์ม (ตารางที่ 6) จึงทำให้ส่งผลต่อต้นทุนผันแปรมาก บ่อดินจึงมีข้อได้เปรียบในแง่ของต้นทุนที่ต่ำกว่าสำหรับการเลี้ยงปุ๋ยหมักทั้ง 3 ขนาด ดังนั้นหากจะให้ได้ผลตอบแทน 27-28% และมีระยะเวลาคืนทุนนาน 3 ปี 6 เดือนแล้ว เม็ดเงินการลงทุนของบ่อซิเมนต์จะสูงมากกว่าบ่อดินประมาณ 1 เท่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลี้ยงปุ๋ยหมักขนาดกลางและขนาดใหญ่ ข้อที่น่าสนใจของการเลี้ยงปุ๋ยหมักในบ่อซิเมนต์ คงต้องใช้ปุ๋ยหมักขนาดเล็ก เนื่องจากให้ผลตอบแทนสูงถึง 32.8% เหลือระยะเวลาคืนทุนเพียง 3 ปี (ตารางที่ 7) จึงน่าจะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับบ่อซิเมนต์ ขณะที่การเลี้ยงปุ๋ยหมักทั้ง 3 ขนาดในบ่อดิน ให้ผลตอบแทนและระยะเวลาที่คืนทุนไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 9) ทำนองเดียวกัน ผลตอบแทนเมื่อพิจารณาจากต้นทุนผันแปร พบว่าบ่อดินให้ผลตอบแทน 39% สูงกว่าบ่อซิเมนต์ที่ให้ผลตอบแทนเพียง 32%

เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างขนาดปุ๋ยหมัก การใช้ปุ๋ยหมักที่มีขนาดใหญ่กว่าเป็นวัตถุดิบ จะต้องใช้เงินลงทุนสูงกว่า โดยให้ผลตอบแทนไม่ต่างกันทั้งบ่อดินและบ่อซิเมนต์ (ตารางที่ 7 และ 9) อย่างไรก็ตามปุ๋ยหมักขนาดเล็กมีข้อได้เปรียบมากกว่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบ่อซิเมนต์ ซึ่งให้ผลตอบแทนสูงกว่าปุ๋ยหมักทุกขนาดในบ่อดินและปุ๋ยหมักขนาดใหญ่กว่าในบ่อซิเมนต์ 5% (ตารางที่ 7) ปุ๋ยหมักเล็กจึงได้เปรียบทั้ง

การลงทุนที่ต่ำกว่าแต่ให้ผลตอบแทนที่สูงกว่า ทั้งนี้ตัวแปรสำคัญคือระยะเวลาที่ใช้ในการลอกคราบที่สั้น ส่งผลให้รอบการผลิตต่อปีมากกว่า การใช้อาหารก็ต่ำกว่า เพราะปูน้ำหนักร้อยแต่ลอกคราบเร็ว เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขนาดก็มากกว่า นอกจากนี้ปูม้าขนาดเล็กมีข้อได้เปรียบกว่าปูม้าที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากสามารถปล่อยได้ในอัตราที่หนาแน่นกว่าปูม้าขนาดใหญ่ ยังเป็นการชี้ให้เห็นว่าปูม้าขนาดเล็กยังมีข้อได้เปรียบอีกประเด็นหนึ่ง เพราะมีโอกาสทำยอดการผลิตต่อรอบได้มากขึ้น เมื่อเลี้ยงในบ่อซีเมนต์

5.2 จุดคุ้มทุน

การเลี้ยงปูม้าในบ่อซีเมนต์และบ่อดินให้มีกำไรได้นั้น จะต้องมีการรอดตายสูงกว่า 50% และจะมีกำไรมากยิ่งขึ้นหากมีการรอดตายของปูหลังลอกคราบสูงขึ้น

5.3 ตลาดของปูม้า

สีสันอาจจะเป็นตัวกำหนดบทบาทของตลาดปูม้าในอนาคต แต่เมื่อพิจารณาเรื่องของรูปลักษณะแล้วจะเห็นว่าปูม้าเพศผู้และเพศเมียจะมีสีสันสวยงามและน่าบริโภคกว่าปูทะเล กล่าวคือปูม้าในเพศผู้มีสีฟ้าทั้งลำตัวและขาขณะที่เพศเมียมีสีลำตัวโทนเขียวและขาสีส้ม (ภาพที่ 30) ผู้ประกอบการธุรกิจปูม้าในอาจจะเลือกเพศใดที่เหมาะสมที่จะนำมาผลิตปูม้าใน เพื่อให้ได้กำไรมากที่สุด เมื่อความต้องการของตลาดแตกต่างกัน

รูปแบบการขาย การขายเป็นจำนวนโหล หรือการขายเป็นน้ำหนัก เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในแง่การลงทุนและผลตอบแทน นอกจากนี้แล้วราคาซื้อปูกระดองแข็งขายปูนิ้มที่กำหนดไว้ตามขนาดในการวิจัยนี้อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงไป ผู้ลงทุนก็อาจจะต้องมาทบทวนการตัดสินใจใหม่ได้



เพศผู้

เพศเมีย

ภาพที่ 30 สีสันปูน้ำนม

สรุปผลการทดลอง

1. ขนาดปูม้าเป็นอิทธิพลหลักที่มีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการลอกคราบและเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขนาด ซึ่งมีผลต่อรอบการผลิตต่อปี ต้นทุนผันแปร รายได้ และผลตอบแทน
2. เมื่อพิจารณาเรื่องขนาดเป็นหลักในการประกอบธุรกิจปูม้านี้ควรเลือกปูม้าเพศผู้ ขนาด 8-9 cm นำมาผลิตปูม้านี้ในบ่อซีเมนต์เพื่อให้ได้กำไร และได้ผลตอบแทนมากที่สุด ขณะที่ไม่มี ความแตกต่างกันสำหรับบ่อดิน

ข้อเสนอแนะ

1. การเลี้ยงปูม้าในบ่อดิน ควรทำการย้ายปูระยะลอกคราบ D3-D4 มาไว้ในบ่อซีเมนต์ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการเก็บเกี่ยว การลดความเค็มภายในร่างกายปู ลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และการกำจัดกลิ่นโคลน และที่สำคัญคือลดอัตราการตายเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำรุนแรงในช่วงฤดูฝน
2. ควรใช้อาหารสำเร็จรูปแทนพลาสติก เนื่องจากราคาและคุณภาพพลาสติกไม่แน่นอน วัตถุดิบมีปริมาณไม่แน่นอน รวมทั้งช่วยในเรื่องของคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น และสามารถผลิตอาหารที่มีสารอาหารตามที่ปูต้องการ หรือในกรณีที่อาจจะประยุกต์ใช้สารอาหารบางชนิดเพื่อช่วยในการลอกคราบให้เร็วขึ้น
3. ปูม้าที่ได้มาจากธรรมชาติยังขึ้นอยู่กับฤดูกาลเป็นสำคัญ ปริมาณที่จับได้ไม่แน่นอน บางช่วงมีการขาดแคลนปูอย่างรุนแรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งปูขนาดใหญ่ ช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ อีกทั้งระยะลอกคราบของปูมีความแปรปรวนสูง มีอัตราการตายสูงเนื่องจากความเครียด ไม่แข็งแรง ทำให้ปูม้าใช้เวลาลอกคราบนานมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีความเสียหายจากการเพรียงถ่วงอก (*Octolasmis* spp.) บางฤดูกาล ทำให้ปูเริ่มมีการทยอยตายสูงช่วงหลังเลี้ยงไปแล้ว 2 สัปดาห์ มีการทยอยตายวันละ 5-10% ปูมีการกินอาหารลดลง และไม่ลอกคราบ ดังนั้นในการประกอบธุรกิจปูม้านี้จึงควรนำปูม้าที่ได้จากการเลี้ยงในบ่อดินมาผลิตเป็นปูม้านี้ เพื่อลดปัญหาเหล่านี้

ตารางที่ 5 ขนาดปุ๋ยมู่ก่อนและหลังลอกคราบ ระยะเวลาที่ใช้ลอกคราบ รอบการผลิตต่อปี ปริมาณวัตถุดิบปุ๋ยมู่เข้าฟาร์มและผลผลิตปุ๋ยมู่ที่มี
เปรียบเทียบระหว่างฟาร์มปศุสัตว์ขนาดพื้นที่ 1000 ตารางเมตร และฟาร์มปศุสัตว์พื้นที่ 2 ไร่ ในรอบ 1 ปี

ขนาดความกว้าง กระดอง (ซม.)	ระยะเวลาที่ใช้ลอก คราบระยะ C-E (วัน)		รอบผลิต/ปี		น้ำหนักปุ๋ยมู่ก่อนลอก คราบ (กรัม)		น้ำหนักปุ๋ยมู่หลังลอก คราบ (กรัม)		น้ำหนัก (กก.)/จำนวน (ตัว) ปุ๋ยมู่ลอกคราบเพื่อ เป็นวัตถุดิบ		น้ำหนัก (กก.)/จำนวน (ตัว) ปุ๋ยมู่หลังลอกคราบ	
	ปศุสัตว์	ปศุสัตว์	ปศุสัตว์	ปศุสัตว์	ปศุสัตว์	ปศุสัตว์	ปศุสัตว์	ปศุสัตว์	ปศุสัตว์	ปศุสัตว์	ปศุสัตว์	ปศุสัตว์
8-9	28	45	13	8	42	45	57	67	13,000/ 30,952	648/ 14,400	12,454/ 21,850	5,443/ 10,080
9-10	31	60	12	6	55	60	72	89	12,000/ 21,818	864/ 14,400	10,896/ 15,130	5,383/ 10,080
10-11	35	69	11	5	78	79	101	109	11,000/ 14,102	1,144/ 14,400	10,120/ 10,020	5,519/ 10,080

หมายเหตุ เป็นการประเมินโดยใช้ข้อมูลพื้นฐานของการวิจัย :

- 1) ผลผลิตปุ๋ยมู่มีคิดจากการรอดตาย 70%
- 2) รอบการผลิต = เวลา 1 ปีต่อระยะเวลาที่ใช้นางจิ้งจกรลอกคราบ C-E เนื่องจากปุ๋ยมู่ที่ได้มีส่วนมาก 70% อยู่ในระยะลอกคราบ C
- 3) กำหนดมาตรฐานการผลิต รอบการผลิต/ปี ของปศุสัตว์ขนาด 2 ไร่ จำนวนปุ๋ยมู่ 1,296 ตัว/รอบ (1,296 ตัว x 800 กรัม/ 72 กรัม) และปศุสัตว์ คิดจากค่าเฉลี่ยของฟาร์ม 1,000 กิโลกรัม/รอบ

ตารางที่ 6 ต้นทุนตามขนาดของปุ๋ยกระดองแข็งเพื่อผลิตปุ๋ยน้ำที่มีเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ต่อปี

ประเภทค่าใช้จ่าย	ปุ๋ยขนาด 8-9 ซม.			ปุ๋ยขนาด 9-10 ซม.			ปุ๋ยขนาด 10-11 ซม.		
	เงินสด	ไม่เป็นเงินสด	รวม	เงินสด	ไม่เป็นเงินสด	รวม	เงินสด	ไม่เป็นเงินสด	รวม
ต้นทุนผันแปร									
ปุ๋ย	780,000		780,000	900,000		900,000	990,000		990,000
ปลาข้างเหลือง	145,600		145,600	144,000		144,000	149,600		149,600
ค่าเชื้อเพลิงและไฟฟ้า	300,000		300,000	300,000		300,000	300,000		300,000
ค่าจ้างแรงงาน	240,000		240,000	240,000		240,000	240,000		240,000
ค่าเช่าฟาร์ม	180,000		180,000	180,000		180,000	180,000		180,000
ค่าวัสดุวิทยาศาสตร์	10,000		10,000	10,000		10,000	10,000		10,000
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน		16,556	16,556		17,740	17,740		18,696	18,696
รวม	1,655,600	16,556	1,672,156	1,774,000	17,740	1,791,740	1,869,600	18,696	1,888,296
ต้นทุนคงที่									
ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์		30,167	30,167		30,167	30,167		30,167	30,167
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน		1,300	1,300		1,300	1,300		1,300	1,300
รวม		31,467	31,467		31,467	31,467		31,467	31,467
รวมต้นทุนทั้งหมด	1,655,600	48,023	1,703,623	1,774,000	49,207	1,823,207	1,869,600	50,163	1,919,763
เงินทุนเริ่มแรก									
ค่าอุปกรณ์	130,000		130,000	130,000		130,000	130,000		130,000
รวมเงินทุนเริ่มแรก	1,785,600		1,803,456	1,904,000		1,923,040	1,999,600		2,019,596

หมายเหตุ เป็นการประเมินโดยใช้ข้อมูลพื้นฐานของการวิจัย :

- กำหนดการผลิตที่ 1,000 กก./รอบการผลิต สำหรับฟาร์มมีพื้นที่บ่อเลี้ยง 1,000 ลบ.ม. ขนาด 8-9 ซม. =13,000 กก ราคา กก . ละ 60 บาท; ขนาด 9-10 ซม. = 12,000 กก ราคา กก .ละ 75 บาท ; ขนาด 10-11 ซม. =11,000 กก ราคา กก . ละ 90 บาท ; ราคาปุ๋ยกระดองแข็งเพิ่ม 15 บาทต่อขนาด
- รอบการผลิต = เวลา 1 ปีต่อระยะเวลาที่ใช้ในวงจรการลอกคราบ C-E 3) ผลผลิตปุ๋ยน้ำมีคิได้จากอัตราการรอดตาย 70%
- ราคาปลา 8 บาท/กก ให้ 5 % ของน้ำหนัก ระยะ D2 ปุ๋ยกินอาหารลดลง 4% และไม่กินอาหารในระยะ D3-D4 ขนาด 8-9 ซม. =18,200 กก ขนาด 9-10 ซม.= 18,000 กก ขนาด 10-11 ซม.=18,700 กก
- ค่าเช่าฟาร์มเดือนละ 20,000 บาท มีบ่อพักน้ำ 200 ลบ.ม. บ่อเลี้ยงขนาด 10 ลบ.ม. 100บ่อ พร้อมระบบน้ำ และระบบลม
- ค่าไฟฟ้า 20,000 บาท/เดือน ค่าจ้างรายเดือน 20,000 บาท/เดือน ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 5,000 บาท/เดือน
- ค่าเสื่อมราคา คัดจากเครื่องให้อาการ เครื่องสูบน้ำ ปรับปรุงบ่อ ท่ออากาศ กระเบื้อง

ตารางที่ 7 รายรับและผลตอบแทนของการผลิตปูม้าในบ่อซีเมนต์ต่อปี

รายการ	ปูม้าขนาด 8-9 ซม.		ปูม้าขนาด 9-10 ซม.		ปูม้าขนาด 10-11 ซม.	
	ทางบัญชี	ทางเศรษฐศาสตร์	ทางบัญชี	ทางเศรษฐศาสตร์	ทางบัญชี	ทางเศรษฐศาสตร์
เงินทุนเริ่มแรก (บาท)	1,785,600	1,803,956	1,905,600	1,925,156	1,999,600	2,020,096
ต้นทุนรวม (บาท)	1,655,600	1,704,123	1,774,000	1,825,323	1,869,600	1,920,263
ต้นทุนคงที่ (บาท)		31,467		31,467		31,467
ต้นทุนผันแปร (บาท)	1,655,600	1,672,656	1,774,000	1,793,856	1,869,600	1,888,796
รายได้	2,241,700	2,241,700	2,288,200	2,288,200	2,428,800	2,428,800
กำไรก่อนหักต้นทุนคงที่ (บาท)	586,100	569,044	514,200	494,344	559,200	540,004
รายได้สุทธิ (บาท)	586,100	537,577	514,200	462,877	559,200	508,537
กำไรสุทธิ (บาท)	586,100	537,577	514,200	462,877	559,200	508,537
%ผลตอบแทน (คิดจากเงินทุนเริ่มแรก)	32.8		27.0		28.0	
%ผลตอบแทน (คิดจากเงินทุนผันแปร)	35.4		30.0		29.9	
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	3.0		3.7		3.6	

หมายเหตุ เป็นการประเมินโดยใช้ข้อมูลพื้นฐานของการวิจัย ราคาขายปูม้าเป็นตัวเลขสมมติ โดยให้มีราคาเพิ่มขึ้นขนาดละ 30 บาท:

รายได้จากการขายปูม้า มาจากผลผลิตของปูที่ขนาด 8-9 ซม. =12,454 กก ราคา กก . ละ 180 บาท; ขนาด 9-10 ซม. = 10,896 กก ราคา กก . ละ 210 บาท ;

ขนาด 10-11 ซม. =10,120 กก ราคา กก . ละ 240 บาท ;ราคาปูม้าเป็นราคาขายเมื่อเปรียบเทียบกับทะเลที่มีโดยมีอัตราการเพิ่ม 30 บาทต่อขนาด

กำไรก่อนหักต้นทุนคงที่ = รายได้ – ต้นทุนผันแปร ; รายได้สุทธิ=รายได้-ต้นทุนผันแปร-ต้นทุนคงที่; กำไรสุทธิ=รายได้-ต้นทุนคงที่-ค่าเสียโอกาสเจ้าของ

กิจการ ระยะเวลาคืนทุน=เงินลงทุนเริ่มแรก/เงินสดรับสุทธิต่อปี

ตารางที่ 8 ต้นทุนตามขนาดของปุ๋ยผ่าคะตองแข็งเพื่อผลิตปุ๋ยน้ำมที่เลี้ยงในบ่อดินขนาด 2 ไร่ ต่อปี

ประเภทค่าใช้จ่าย	ปุ๋ยผ่าขนาด 8-9 ซม.			ปุ๋ยผ่าขนาด 9-10 ซม.			ปุ๋ยผ่าขนาด 10-11 ซม.		
	ไม่เป็น			ไม่เป็น			ไม่เป็น		
	เงินสด	เงินสด	รวม	เงินสด	เงินสด	รวม	เงินสด	เงินสด	รวม
ต้นทุนผันแปร									
ปุ๋ยผ่า	311,040		311,040	388,800		388,800	514,800		514,800
ปลาข้างเหลือ	96,832		96,832	134,784		134,784	166,080		166,080
ค่าเชื้อเพลิง	4,800		4,800	4,800		4,800	4,800		4,800
ค่าไฟฟ้า	24,000		24,000	24,000		24,000	24,000		24,000
ค่าจ้างแรงงาน	240,000		240,000	240,000		240,000	240,000		240,000
ค่าเช่าบ่อด	10,000		10,000	10,000		10,000	10,000		10,000
ค่าทำความสะอาด	8,000		8,000	8,000		8,000	8,000		8,000
ค่าสารเคมี	1,500		1,500	1,500		1,500	1,500		1,500
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน		6,962	6,962		8,119	8,119		9,692	9,692
รวม	696,172	6,962	703,134	811,884	8,119	820,003	969,180	9,692	978,872
ต้นทุนคงที่									
ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์		49,351	49,351		49,351	49,351		49,351	49,351
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน		3,335	3,335		3,335	3,335		3,335	3,335
รวม		52,685	52,685		52,685	52,685		52,685	52,685
รวมต้นทุนทั้งหมด	696,172	59,647	755,819	811,884	60,804	872,688	969,180	62,377	1,031,557
เงินทุนเริ่มแรก									
ค่าอุปกรณ์	333,460			333,460			333,460		
รวมเงินทุนเริ่มแรก	1,029,632			1,145,344			1,302,640		

หมายเหตุ เป็นการประเมินโดยใช้ข้อมูลพื้นฐานของการวิจัย :

- กำหนดมาตรฐานการผลิต รอบการผลิต/ปี จากจำนวนปุ๋ยผ่า 1,296 ตัว/รอบ; ปุ๋ยผ่าขนาด 8-9 ซม. = 648 ราคา กก .ละ 60 บาท; ขนาด 9-10 ซม. = 864 ราคา กก. ละ 75 บาท ขนาด 10-11 ซม. = 1,144 กก ราคา กก . ละ 90 บาท ราคาปุ๋ยผ่าคะตองแข็งมีอัตราการเพิ่ม 15 บาทต่อขนาด
- รอบการผลิต = เวลา 1 ปีต่อระยะเวลาที่ใช้ในวงจรการลอกคราบ C-E
- ปุ๋ยผ่ารอดตาย 70%
- ราคาปลา 8 บาท/กก ให้อัตราเฉลี่ย 5 % ของน้ำหนักปุ๋ย เนื่องจากช่วงระยะลอกคราบ D2 ปุ๋ยกินอาหารลดลง 4% และไม่กินอาหารในระยะ D3-D4 ปุ๋ยขนาด 8-9 ซม. =12,104 กก; ขนาด 9-10 ซม. = 16,848 กก; ขนาด 10-11 ซม. =20,760 กก
- ค่าเช่าฟาร์มเดือนละ 1,000 บาท/ไร่/เดือน มีบ่อดักน้ำ ค่าจ้างรายเดือน 20,000 บาท/เดือน น้ำมันเชื้อเพลิง 3,000 บาท/เดือน ไฟฟ้า 2,000 บาท/เดือน
- ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์เลี้ยงปุ๋ยผ่า เช่น กังหันตีน้ำ ตะกร้า ท่อพีวีซี เสาลเหล็ก สแลน 58,000 บาท/ไร่/ปี คิดค่าเสื่อมภายในเวลา 7 ปี

ตารางที่ 9 รายรับและผลตอบแทนของการผลิตน้ำมันในป๋อดินขนาด 2 ไร่ต่อปี

รายการ	น้ำมันขนาด 8-9 ซม.		น้ำมันขนาด 9-10 ซม.		น้ำมันขนาด 10-11 ซม.	
	ทางบัญชี	ทางเศรษฐศาสตร์	ทางบัญชี	ทางเศรษฐศาสตร์	ทางบัญชี	ทางเศรษฐศาสตร์
เงินลงทุนเริ่มแรก	1029632		1145344		1302640	
ต้นทุนรวม (บาท)	696,172	755,819	811,884	872,688	969,180	1,031,557
ต้นทุนคงที่ (บาท)		52,685		52,685		52,685
ต้นทุนผันแปร (บาท)	696,172	703,134	811,884	820,003	969,180	978,872
รายได้	979,740	979,740	1,130,430	1,130,430	1,324,560	1,324,560
กำไรก่อนหักต้นทุนคงที่(บาท)	283,568	276,606	318,546	310,427	355,380	345,688
รายได้สุทธิ(บาท)	283,568	223,921	318,546	257,742	355,380	293,003
กำไรสุทธิ(บาท)	283,568	223,921	318,546	257,742	355,380	293,003
%ผลตอบแทน (คิดจากเงินลงทุนเริ่มแรก)	27.5		27.8		27.3	
%ผลตอบแทน (คิดจากเงินลงทุนแปร)	40.7		39.2		36.7	
ระยะเวลาคืนทุน	3.6		3.6		3.7	

หมายเหตุ เป็นการประเมินโดยใช้ข้อมูลพื้นฐานของการวิจัย ราคาขายน้ำมันเป็นตัวเลขสมมติ โดยให้มีราคาเพิ่มขึ้นขนาดละ 30 บาท:

รายได้จากการขายน้ำมัน มาจากผลผลิตของปีขนาด 8-9 ซม. =5,443 กก ราคา กก . ละ 180 บาท; ขนาด 9-10 ซม. = 5,383 กก ราคา กก . ละ 210 บาท; ขนาด 10-11 ซม. = 5,519 กก ราคา กก . ละ 240 บาท; ราคาน้ำมันเป็นราคาขายเมื่อเปรียบเทียบกับทุหะเลนี้มีโดยมีอัตราการเพิ่ม 30 บาทต่อขนาด

กำไรก่อนหักต้นทุนคงที่ = รายได้ – ต้นทุนผันแปร ; รายได้สุทธิ=รายได้ต้นทุนผันแปร-ต้นทุนคงที่; กำไรสุทธิ=รายได้-ต้นทุนคงที่-ค่าเสียโอกาสเจ้าของกิจการ

เอกสารอ้างอิง

- จำนงค์ รอดมงคลดี. 2522. การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและการสลัดรยางค์ของปูม้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บรรจง เทียนสงฆ์. 2547. สถานภาพการเพาะเลี้ยงปูน้ำจืดในประเทศไทย. โครงการวิจัยและพัฒนาการผลิตปูทะเลเชิงการค้า. กลุ่มงานอุดหนุนวิจัย กองส่งเสริมการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช). โรงแรมมารวยการ์เด็น กรุงเทพมหานคร วันที่ 29 กรกฎาคม 2547.
- บุญรัตน์ ประทุมชาติ. 2543. ผลของความเค็มและแสงสว่างต่อการลอกคราบของปูทะเล. รายงานประกอบการบรรยาย ทรัพยากรสัตว์น้ำ โรงแรม โลตัสปางสวนแก้ว จังหวัด เชียงใหม่ วันที่ 3-5 ธันวาคม 2543
- บุญรัตน์ ประทุมชาติ. 2544. เอกสารประกอบการสอนวิชา การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. ภาควิชาวาริชศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา. 523 หน้า.
- วิวรรณ สิงห์ทวีศักดิ์ และวัฒนา ภูเจริญ. 2543. การเลี้ยงปูทะเล, *Scylla serrata* (Forsk.). เอกสารวิชาการ ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี 11 หน้า.
- สุเมธ ตันติกุล. 2527. ชีววิทยาการประมงของปูม้าในอ่าวไทย. เอกสารวิชาการ ฝ่ายสัตว์น้ำอื่นๆ กองการประมงทะเล กรมประมง. 58 หน้า.
- Arsenault, A.L., Castell, J.D. and Ottensmeyer, F.P. 1984. The dynamics of exoskeletal-epidermal structure during molt in juvenile lobster by electron microscopy and electron spectroscopic imaging. *Tissue and Cell* **16**, 93-106.
- Cameron, J.N. 1985. Post-moult calcification in the blue crab (*Callinectes sapidus*): Relationships between apparent net H^+ excretion, calcium and bicarbonate. *Journal of Experimental Biology* **119**, 275-285.
- Coimbra, J., Machado, J., Fernandes, P.L., Ferreira, H.G. and Ferreira, K.G. 1988. Electrophysiology of the mantle of *Anodonta cygnea*. *Journal of Experimental Biology* **140**, 65-88.

- Compère, P. and Goffinet, G. 1987. Ultrastructural shape and three-dimensional organization of the intracuticular canal system in the mineralized cuticle of the green crab *Carcinus maenas* during the molting cycle. *Tissue and Cell* **19**, 859-875.
- Glynn J.P. 1968. Studies on the ionic, protein and phosphate changes associated with the moult cycle of *Homarus vulgaris*. *Comp. Biochem. Physiol.* **26**: 937-946.
- Green, J.P., and Neff, M.R. 1972. A survey of the fine structure of the integument of the fiddler Crab. *Tissue Cell* **4**, 137-171.
- Greenfield, M.E., Wilson, D.C. and Grenshaw, M.A. 1984. Ionotropic nucleation of calcium carbonate by molluscan matrix. *Amer. Zool* **24**, 925-932.
- Gwinn, J.F. and J.R. Stevenson. 1973. Role of acetylglucosamine in chitin synthesis in crayfish. I. Correlation of ^{14}C -acetylglucosamine incorporation with stages of the molting cycle. *Comp. Biochem. Physiol.* **45B**: 769-776.
- Horst, J. 1992. *Soft Shelled Crab Culture*. Louisiana Sea Grant College Program.
- Knowles, F.G.W. and Carlisle, D.B. 1956. Endocrine control in the Crustacea. *Biol. Rev.* **31**, 96-473.
- Luppi, A.T., Spivak, D.E., Bas, C.C and Anger, K. 2004. Molt and growth of an estuarine crab, *Chasmagnathus granulatus* (Brachyura: Varunidae), in Mar Chiquita coastal lagoon, Argentina. *J. Appl. Ichthyol.* **20**, 333-344.
- Machado, J., Marvo, R., Ferreira, C., Moura, G., Reis, M. and Coimbra, J. 1994. Study on mucopolysaccharides as a shell component of *Anodonta cygnea*. *Bulletin de l'Inst Oceanog n° special* **14**, 141-149.
- Mangum, C.P. 1992. Physiological aspects of molting in the blue crab *Callinectes sapidus*. *Amer. Zool.* **32**, 459-469.
- Mangum, C.P. 1983. On the distribution of lactate sensitivity among the hemocyanins. *Mar. Biol. Lett.* **4**, 139-149.

- Mykles, D.M., Haire, M.F., and Skinner, D.M. 2000. Immunocytochemical localization of actin and tubulin in the intergument of land crab (*Gecarcinus lateralis*) and lobster (*Homarus americanus*). *J Exp. Zool.* **286 (4)**, 329-342.
- Pratoomchat B, Sawangwong P, Guedes R, Reis M.D.L, Machado J. 2002a. Cuticle ultrastructure changes in the crab *Scylla serrata* over the molt cycle *J. Exp. Zool.* **293(4)**, 414-426.
- Pratoomchat , B., Sawangwong, P., Pakkong, P. and Machado, J. 2002b. Organic and inorganic compound variations in haemolymph, epidermal tissue and cuticle over the molt cycle in *Scylla serrata* (Decapoda). *Comp. Biochem. Physiol.* **131A**, 243 – 255.
- Pratoomchat, B., Sawangwong, and Machado, J. 2003. Effects of controlled pH on organic and inorganic composition in haemolymph, epidermal tissue and cuticle of mud crab *Scylla serrata* *J Exp.Zool.* **295A**, 47-56.
- Roer, R., and Dillaman, R., 1984. The structure and calcification of the crustacean cuticle *Amer. Zool.* **24**, 893-909.
- Travis D.F. 1955. The molting cycle of the spiny lobster, *Panulirus agnus* Latreille. II. Pre-ecdysial histological and histochemical changes in the hepatopancreas and Integumental tissues. *Biol. Bull.* **108**: 88-112.
- Travis, D.F., 1965. The deposition of skeletal structures in the crustacea. V. The histomorphological and histochemical changes associated with the development and calcification of the branchial exoskeleton in the crayfish *Orconectes virilis* Hagen *Acta Histochem.* **20**, 193-233.
- UNC Sea Grant Collage, 1984. *A Guide to Soft Shell Crabbing*. North Carolina State University. 26 p.
- Vigh, D.A. and Dendinger, J.E., 1982. Temporal relationships of postmolt deposition of calcium, magnesium, chitin and protein in the cuticle of the Atlantic blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. *Comp. Biochem. Physiol.* **72A (2)**, 365-369.

- Welinder, B.S. 1975. The crustacean cuticle III: Composition of the individual layers in *Cancer pagurus* cuticle. *Comp. Biochem. Physiol.* **52A**, 659-663.
- Whitaker J.D, Bearden C.M, Cupka D.M, Farmer C.H, and Hopskins J.S. 1987. Information on establishing a soft shell crab operation in South Carolina, South Carolina Division of Marine Resource.
- Whitaker, J.L. Delancey, J. Jenkins, and M. Maddox. 1998. *A Guide To Soft Shell Crabbing*. Blue Crab Production. University of North Carolina. Sea Grant Publication.
(<http://www.blue-crab.net/crab2.html>)
- Ziegler, A. 1996. Ultrastructural evidence for transepithelial calcium transport in the anterior sternal epithelium of the terrestrial isopod *Porcellio scaber* (Crustacea) during the formation and resorption of CaCO₃ deposits. *Cell Tissue Res.* **284**, 459-466.
- Ziegler, A. 1997. Ultrastructural changes of the anterior and posterior sternal integument of the terrestrial isopod *Porcellio scarba* Latr. (Crustacea) during the moult cycle. *Tissue Cell* **29** (1), 63-76.
- Zinzki, S.C., 2003. Molting fullmoon. webmaster@blue-crab.org.

ภาคผนวก

บทความสำหรับการเผยแพร่

ตลาดปูนิ่มในต่างประเทศยังกว้างและยังมืออยู่ไม่จำกัด ตลาดที่สำคัญได้แก่ สหรัฐอเมริกา อียู จีน ไต้หวัน เกาหลี และญี่ปุ่น ขณะเดียวกันอียู เริ่มพัฒนาโครงการปูนิ่มเพื่อลดการนำเข้าปูนิ่ม blue crab (*Callinectes sapidus*) จากสหรัฐอเมริกา ด้วยเหตุนี้ ปูม้าบ้านเรา (*Portunus pelagicus*) ซึ่งมีลักษณะรูปร่างคล้ายคลึงกับปู blue crab (*Callinectes sapidus*) ในสหรัฐอเมริกา ที่นำเอามาทำปูนิ่ม (soft shell crab) มานานกว่า 100 ปี หากเราสามารถผลิตปูม้าได้จึงมีโอกาสมากยิ่งขึ้นในการส่งออก เนื่องจากไม่ต้องปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้บริโภค รวมถึงรูปลักษณ์และกลิ่นของปูม้าหลังการเก็บเกี่ยวมีข้อได้เปรียบกว่าปูทะเลมาก เนื่องจากท้องมีสีขาว ด้านบนหรือที่ขาจะมีสีส้มสวยงาม เพศผู้เป็นสีฟ้าสด เพศเมียมีสีส้มปนแดง ดูสะอาด กลิ่นโคลนน้อยกว่าปูทะเล ทำให้ไม่ข้อจำกัดในการส่งออกอย่างปูทะเล

ข้อดีหรือข้อได้เปรียบของการพัฒนาธุรกิจปูนิ่มที่ผลิตจากปูม้าคือ เราสามารถผลิตปูม้าจากฟาร์ม จึงเป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับธุรกิจปูนิ่มได้อย่างต่อเนื่องและมีความสม่ำเสมอของปริมาณวัตถุดิบเข้าฟาร์ม ผลิตปูนิ่ม ขณะที่การผลิตปูนิ่มจากปูทะเลยังคงต้องใช้อนุที่จับจากธรรมชาติ ซึ่งปัจจุบันมีปริมาณจำกัดไม่เพียงพอต่อความต้องการของธุรกิจปูนิ่ม เนื่องจากความถดถอยของทรัพยากรปูทะเล จึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศมานานแล้วไม่ต่ำกว่า 5 ปี ปัญหาที่ตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้คือความไม่แน่นอนของแหล่งวัตถุดิบที่ใช้ทำปูนิ่ม และมีการตายค่อนข้างสูงและบอบช้ำมาจากการลำเลียง ประกอบกับการเพาะเลี้ยงในฟาร์มปูทะเลยังมีข้อจำกัดอยู่ไม่น้อย ดังนั้นจึงควรริเริ่มพัฒนาปูม้าให้เป็นตัวเลือกใหม่ของธุรกิจปูนิ่ม มีเทคนิคการเลี้ยงและการจัดการการเลี้ยงปูม้าร่วมกันทั้งเชิงวิชาการและเชิงพาณิชย์ โดยเน้นเทคโนโลยีที่เรียบง่ายไม่ซับซ้อน เกษตรกรระดับรากหญ้าสามารถทำได้ในระดับครอบครัวและในเชิงพาณิชย์ และเป็นการกระตุ้นการมีงานทำ และแปลงสินทรัพย์ให้เป็นทุน เกิดการใช้พื้นที่เดิมศักยภาพ ไม่ละทิ้งพื้นที่ว่างเปล่า ให้ไม่เกิดประโยชน์ดังจะเห็นได้จากฟาร์มกุ้งร้างเป็นจำนวนมาก

การผลิตปูม้าในบ่อคอนกรีต (รูปที่ 1) เมื่อเข้าสู่ระยะใกล้ลอกคราบจึงนำมาใส่ในตะกร้า (รูปที่ 2) เริ่มต้นจากเตรียมน้ำทะเลความเค็ม 15-20 ppt ให้อากาศด้วยหัวทราย ภายในมีระบบกรองกายภาพด้วยการใช้ตะกร้า ขนาด 10" x 10" ภายในใส่ใยกรองน้ำ นำน้ำเข้าด้วยการเป่าอากาศ ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 50-80 %ทุกวัน



ใช้ปลาข้างเหลืองสดเป็นอาหาร โดยการตัดเป็นชิ้นขนาดประมาณ 0.5 cm x 2 cm ให้วันละ 2 ครั้ง ในเวลาเช้าและเวลาเย็น ประมาณวันละ 10-20% ของน้ำหนักปู โดยจะให้ในเวลาเช้า 30% เวลาเย็น 70% ของปูม้าระยะลอกคราบ B, C, D1 และ D2 อย่างไรก็ดีจะทำการปรับตามความเหมาะสม โดยปูม้าระยะ ไกล่ลอกคราบ (stage D1) จะทำการปรับลดลงเหลือวันละ 10% และ stage D2 ปรับลดเหลือเพียง 5% ขณะที่ให้อาหารเมื่อปูม้าใกล้ลอกคราบมาก (ระยะ D3-D4)

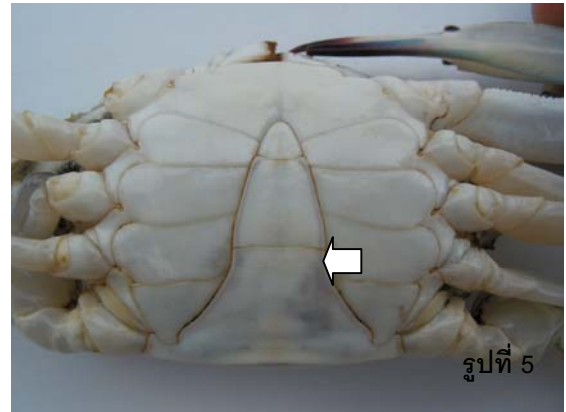
การแบ่งระยะลอกคราบ จากสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีและช่องว่างบริเวณขอบด้านในของรยางค์ คู่ที่ 5 (dactylopodite) ของปูม้าทั้งเพศผู้และเพศเมียที่ระยะการลอกคราบต่าง ๆ ด้วยแว่นขยายขนาดประมาณ 1-2 เท่า (รูปที่ 3) พบว่าช่วงระยะจาก A-B ขอบรยางค์คู่ที่ 5 เป็นสีม่วง 100% และลดน้อยลงในระยะ B ซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นของการเกิดสีชมพู และสีชมพูนี้จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ในระยะ C1 จนถึงสูงสุดในระยะ C2 (88%) อาจสังเกตเห็นสีเขียบบ้างเพียงเล็กน้อย สีแดงเริ่มปรากฏขึ้นในระยะ C3 และพบเข้มเพิ่มมากขึ้น ตามลำดับจากระยะ D1-D4 ขณะที่สีชมพูค่อย ๆ ลดลงจนไม่พบในระยะ D3-D4

ระยะ A-C3 จะไม่พบรอยแยกระหว่างเปลือกเก่าและเปลือกใหม่ แต่จะมีโอกาสหลุดลอกไปบ้างช่วง ระยะ C3-D1 หลังจากนั้นจะพบรอยแยกเพียงเล็กน้อยในระยะ D1 รอยแยกปานกลางในระยะ D2 รอยแยก มากในระยะ D3 และชัดเจนมากในระยะ D4



สีดับปั้งปูม้าเพศเมียมีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ค่อนข้างชัดเจนที่สามารถนำมาเป็นดัชนีประกอบการจำแนกระยะลอกคราบได้ กล่าวคือ ในระยะหลังลอกคราบใหม่ ๆ (stage A) ดับปั้งปูม้าเพศเมียจะ ปรากฏแถบสีดำ 100% เมื่อเข้าสู่ระยะ B สีดำจะจางลงเล็กน้อย เริ่มมีสีเทาและน้ำตาลเข้ามาปนเล็กน้อย (40%) สีน้ำตาลและสีเทาจะเริ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จาก 57% แต่ยังคงมีสีดำปะปนอยู่ จนเข้าสู่ระยะ C1 สีดำ จะไม่ปรากฏเลย โดยจะมีสัดส่วนของสีขาว เพิ่มขึ้นมาเป็น 55% ที่เหลือจะเป็นสีน้ำตาลและเทา ในระยะ C2 และ ระยะ C3 จะพบว่าปูมีดับปั้งสีน้ำตาลสูงสุด 54% ที่เหลือจะเป็นสีขาวและเทา หลังจากนั้นสีดำเริ่ม กลับมาปรากฏอีกครั้ง (35%) ในระยะ D1 ขณะที่สีขาวหายไป เพิ่มขึ้นเป็น 44% ในระยะ D2 89% ใน ระยะ D3 และ 100% ในระยะ D4 (รูปที่ 4)

สีตับปิ้งปูม้าเพศผู้ มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนจากร่องรอยของแนวเส้นที่เกิดซ้อนขึ้นมาด้านใน โดยดูจากความชัดเจนและระยะห่างที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถนำมาเป็นดัชนีประกอบการจำแนกระยะลอกคราบได้ กล่าวคือ ระยะลอกคราบจากระยะ A, B, C1-C3 และ D1 ตับปิ้งจะไม่ปรากฏแนวเส้นด้านใน จนเมื่อเข้าสู่ระยะ D2-D3 จะปรากฏแนวเส้นสีดำด้านใน โดยปรากฏแนวไม่ดำเข้มชัดเจนและไม่ห่างจากขอบตับปิ้งเดิม เมื่อเข้าสู่ระยะ D4 จึงสังเกตเห็นแนวชัดเจน (รูปที่ 5)



โดยภาพรวมจากการวิจัยพบว่า เพศไม่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาของวงจรการลอกคราบและขนาดที่เพิ่มขึ้น แต่ปัจจัยด้านขนาดมีผลมาก โดยปูม้าที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะใช้ระยะเวลาในการลอกคราบนานกว่าปูม้าขนาดเล็ก แต่ปูม้าขนาดเล็กกว่ามี % การเพิ่มขนาดมากกว่าปูม้าขนาดใหญ่

หากทำการพิจารณาจากระยะเวลาที่คืนทุนและผลตอบแทนที่ใกล้เคียงกัน ภายใต้การเช่าฟาร์มและการรอดตาย 70% การผลิตปูม้าในบ่อซีเมนต์ต้องใช้พื้นที่ประมาณ 1000 ตารางเมตร โดยมีปูเข้า 1000 กิโลกรัมต่อรอบการผลิต ซึ่งสามารถเปรียบเทียบกับ การเลี้ยงในบ่อดินพื้นที่ 2 ไร่ (3200 ตารางเมตร) โดยมีปูเข้า 11,000-13,000 กิโลกรัมต่อรอบการผลิต ซึ่งให้เห็นว่าการลงทุนเริ่มแรกของการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์สูงกว่าการเลี้ยงในบ่อดินประมาณ 40% ต้นทุนผันแปรของบ่อซีเมนต์สูงกว่าการเลี้ยงในบ่อดินประมาณ 1 เท่า เนื่องจากการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ ต้องมีการลงทุนวัตถุดิบปูม้าบ่อน้ำเข้าฟาร์มมากกว่า 1 เท่าตัว และบ่อซีเมนต์ยังมีค่าเสียหายเรื่องค่าเชื้อเพลิง ไฟฟ้า ที่ต้องมีการใช้เครื่องให้อากาศและเครื่องสูบน้ำมาก และค่าเช่าฟาร์ม จึงทำให้ส่งผลต่อต้นทุนผันแปรมาก

บ่อดินจึงมีข้อได้เปรียบในแง่ของต้นทุนที่ต่ำกว่าสำหรับการเลี้ยงปูม้าทั้ง 3 ขนาด ดังนั้นหากจะให้ผลตอบแทน 27-28% และมีระยะเวลาคืนทุนนาน 3 ปี 6 เดือนแล้ว เม็ดเงินการลงทุนของบ่อซีเมนต์จะสูงมากกว่าบ่อดินประมาณ 1 เท่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลี้ยงปูม้าขนาดกลางและขนาดใหญ่ ข้อที่น่าสนใจของการเลี้ยงปูม้าในบ่อซีเมนต์ คงต้องใช้ปูม้าขนาดเล็ก เนื่องจากให้ผลตอบแทนสูงถึง 32.8% เหลือระยะเวลาคืนทุนเพียง 3 ปี จึงน่าจะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับบ่อซีเมนต์ ขณะที่การเลี้ยงปูม้าทั้ง 3 ขนาดในบ่อดิน ให้ผลตอบแทนและระยะเวลาคืนทุนไม่แตกต่างกัน

เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างขนาดปุ๋ย การใช้ปุ๋ยที่มีขนาดใหญ่กว่าเป็นวัตถุดิบ จะต้องใช้เงินลงทุนสูงกว่า โดยให้ผลตอบแทนไม่ต่างกันทั้งบ่อดินและบ่อซิเมนต์ อย่างไรก็ตามปุ๋ยขนาดเล็กมีข้อได้เปรียบมากกว่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบ่อซิเมนต์ซึ่งให้ผลตอบแทนสูงกว่าปุ๋ยทุกขนาดในบ่อดินและปุ๋ยขนาดใหญ่ในบ่อซิเมนต์ 5% ปุ๋ยขนาดเล็กจึงได้เปรียบทั้งการลงทุนที่ต่ำกว่าแต่ให้ผลตอบแทนที่สูงกว่า ทั้งนี้ตัวแปรสำคัญคือระยะเวลาที่ใช้ในการลอกคราบที่สั้น ส่งผลให้รอบการผลิตต่อปีมากกว่า ปริมาณอาหารที่ใช้ก็ต่ำกว่า เพราะว่ามีน้ำหนักน้อยแต่ลอกคราบเร็ว เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขนาดก็มากกว่า การเลี้ยงปูมาน้ำนี้ทั้งในบ่อซิเมนต์และบ่อดินให้มีกำไรได้นั้น จะต้องมีการรอดตายสูงกว่า 50% และจะมีกำไรมากยิ่งขึ้นหากมีการรอดตายของปูหลังลอกคราบสูงขึ้น

กิจกรรมที่วางแผนไว้และที่ได้ดำเนินการมา วัตถุประสงค์และผลที่ได้รับตลอดโครงการ

ที่วางแผนไว้	กิจกรรม	ที่ดำเนินการมา	วัตถุประสงค์	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ
1. การจำแนกระยะการลอกคราบ (molt stage) ของปูม้าเพศผู้และเพศเมีย ขนาดต่าง ๆ โดยสังเกตจากลักษณะภายนอก เปรียบเทียบความถูกต้องกับการตรวจสอบระยะลอกคราบด้วยกล้องจุลทรรศน์	1 มีความเป็นไปได้อย่างมีความแม่นยำมากพอในการจำแนกระยะการลอกคราบ (molt stage) ของปูม้าเพศผู้และเพศเมียขนาดต่าง ๆ โดยสังเกตจากลักษณะภายนอก	1 เพื่อจำแนกระยะการลอกคราบ (molt stage) ของปูม้าโดยสังเกตจากลักษณะภายนอกให้แม่นยำ		1. มีความเป็นไปได้อย่างมีความแม่นยำมากพอในการจำแนกระยะการลอกคราบ (molt stage) ของปูม้าเพศผู้และเพศเมียขนาดต่าง ๆ โดยสังเกตจากลักษณะภายนอก เพื่อก่อให้เกิดความสะดวกและเพิ่มศักยภาพในการผลิตปูม้าที่มีเชิงพาณิชย์
2. การเลี้ยงปูม้า 3 ขนาด ทั้ง 2 เพศ เพื่อผลิตปูม้าที่มีเชิงพาณิชย์ในบ่อซีเมนต์ และเพศต่อระยะเวลาที่ใช้ลอกคราบ และการเพิ่มขนาด เพื่อมาวิเคราะห์วางแผนการลงทุนผลิตปูม้า	2.1 เลี้ยงปูม้า แยกออกเป็น 3 ขนาดตามความกว้างของกระดองและชั่งน้ำหนัก หลังจากทำการแยกระยะลอกคราบตามวิธีที่การตามข้อที่ 1 แล้วจึงนำไปทั้ง 2 เพศ ที่ระยะลอกคราบเดียวกันมาเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ เพื่อสะดวกต่อการจัดการ	2.1 เพื่อทดสอบเครื่องมือที่สร้างขึ้นในช่วงแรก เพื่อมาจำแนกระยะการลอกคราบของปูม้าโดยสังเกตจากลักษณะภายนอก ในการทำงานสภาพฟาร์ม	2.1 เพื่อทดสอบเครื่องมือที่สร้างขึ้นในช่วงแรก เพื่อมาจำแนกระยะการลอกคราบของปูม้าโดยสังเกตจากลักษณะภายนอก ในการทำงานสภาพฟาร์ม	2.1 มีความเป็นไปได้อย่างมากในเชิงเทคนิคและพาณิชย์ของการเลี้ยงปูม้าในบ่อคอนกรีต โดยวิธีการจัดการที่เหมาะสม โดยใช้หลักวิชาการที่นำมาประยุกต์ใช้ให้ง่ายสำหรับเกษตรกร ในการแยกระยะลอกคราบก่อนปล่อยเลี้ยงลงไม่บ่อเพื่อสะดวกต่อการจัดการ
	2.2 ทำการตรวจสอบระยะลอกคราบทุก 3 วัน เพื่อดูการเลื่อนระยะลอกคราบจนกว่าลอกคราบ	2.3 ทำการนำปูม้าบ่อที่ใกล้ลอกคราบระยะ D4 ทำการชั่งน้ำหนักปูม้าหลังลอกคราบ	2.2 พบระยะเวลาที่ใช้ในการลอกคราบแต่ละระยะและทั้งวงจรการลอกคราบของปูเพศผู้และเพศเมียที่ขนาดต่างกัน 3 ขนาด เพื่อกำหนดรอบการผลิตต่อไป	2.2 มีความเป็นไปได้อย่างที่กำหนดการผลิตปูม้าได้จกระยะเวลาที่ใช้ในการลอกคราบในแต่ละระยะลอกคราบของปูแต่ละขนาด
			2.3 เพื่อตรวจสอบการเพิ่มขนาดปูม้าหลังลอกคราบ	2.3 รอบการผลิตต่อปีปูม้าขนาดเล็กมีสูงกว่าปูม้าขนาดใหญ่
			2.4 วิเคราะห์ต้นทุน รายได้ และผลตอบแทน	2.4 การผลิตปูม้ามีขนาดเล็กในบ่อซีเมนต์ให้ผลตอบแทนสูงสุด

กิจกรรมที่วางแผนไว้และที่ดำเนินการมา วัตถุประสงค์ และผลที่ได้รับตลอดโครงการ (ต่อ)

กิจกรรม		วัตถุประสงค์	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ
ที่วางแผนไว้	ที่ดำเนินการมา		
3. การเลี้ยงปูม้า 3 ขนาด ทั้ง 2 เพศ เพื่อผลิตปูม้า 3 นิ้วเมเชิงพาณิชย์ในบ่อดิน เพื่อทราบถึงอิทธิพลของขนาดและเพศ ต่อระยะเวลาที่เชื้อลอกคราบและการเพิ่มขนาด เพื่อมาวิเคราะห์วางแผนการลงทุนผลิตปูม้า 3 นิ้ว	3.1 เลี้ยงปูม้า แยกออกเป็น 3 ขนาดตามความกว้างของกระดองและชั่งน้ำหนัก หลังจากทำการแยกกระยะลอกคราบตามวิธีการตามข้อที่ 1 แล้วจึงนำไปมาเลี้ยงในตะกร้าที่ลอยในบ่อดิน และทำการแยกแแถวตะกร้าปูตามขนาดและระยะลอกคราบ เพื่อสะดวกต่อการจัดการ 3.2 ทำการตรวจสอบระยะลอกคราบทุก 3 วัน เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงลอกคราบจนกว่าลอกคราบ 3.3 ทำการผ่าร่างปูม้าบ่อที่ใกล้ลอกคราบระยะ D4 ทำการชั่งน้ำหนักปูม้าหลังลอกคราบ	3.1 เพื่อทดสอบเครื่องมือที่สร้างขึ้นมาในช่วงแรก เพื่อมาจำแนกระยะการลอกคราบของปูม้าโดยสังเกตจากลักษณะภายนอก ในการทำงานสภาพฟาร์มจริง 3.2.ทราบระยะเวลาที่ใช้ในการลอกคราบทุกกระยะและ ทั้งวงจรการลอกคราบของปูเพศผู้และเพศเมียที่ขนาดต่างกัน 3 ขนาด เพื่อกำหนดรอบการผลิตต่อไป 3.3 เพื่อตรวจสอบการเพิ่มขนาดปูม้าหลังลอกคราบ 3.4 วิเคราะห์ต้นทุน รายได้ และผลตอบแทน	3.1 มีความเป็นไปได้มากในเชิงเทคนิคและพาณิชย์ของการเลี้ยงปูม้า 3 นิ้วในตะกร้าในบ่อดิน โดยมีวิธีการจัดการที่เหมาะสม โดยใช้หลักวิชาการที่นำมาประยุกต์ใช้ให้่ง่ายสำหรับเกษตรกรในการแยกกระยะลอกคราบก่อนปล่อยเลี้ยงลงในบ่อ เพื่อสะดวกต่อการจัดการ 3.2 มีความเป็นไปได้มากที่จะกำหนดการผลิตปูม้า 3 นิ้วได้จกกระยะเวลาที่ใช้ในการลอกคราบในแต่ละระยะลอกคราบของปูแต่ละขนาด 3.3 รอบการผลิตต่อปีปูม้าขนาดเล็กมีสูงกว่าปูม้าขนาดใหญ่ 3.4 การผลิตปูม้า 3 นิ้วทุกขนาดในบ่อดินให้ผลตอบแทนและระยะเวลาดำเนินทุนใกล้เคียงกัน

กิจกรรมที่วางแผนไว้และที่ดำเนินการมา วัตถุประสงค์ และผลที่ได้รับตลอดโครงการ (ต่อ)

ที่วางแผนที่		กิจกรรม	ที่ดำเนินการมา	วัตถุประสงค์	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ
4. นำข้อมูลมาเปรียบเทียบด้านเทคนิคการลงทุน ผลตอบ ทุนในข้อชี้แจงแนบระหว่างการผลิต น้ำมันในข้อชี้แจงแนบกับบ่อน้ำมัน		4. นำข้อมูลการดำเนินงานทั้ง 2 วิธี มา เปรียบเทียบด้านเทคนิค การลงทุน ผลตอบ แทน และหาจุดคุ้มทุน		4. เพื่อทราบการลงทุน ผลตอบแทน ระหว่างการผลิตน้ำมันในข้อชี้แจงแนบกับ บ่อน้ำมัน	4.1 พิจารณาจากระยะเวลาที่คืนทุนและผลตอบแทนที่เกิดขึ้นกัน ภายใต้การเช่าฟาร์ม และการ รอดตาย 70% ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการลงทุนเริ่มแรกของการ การลงทุนในบ่อน้ำมันสูงกว่าการลงทุนในบ่อน้ำมัน ประมาณ 40% ต้นทุนผันแปรของบ่อน้ำมันสูง กว่าการลงทุนในบ่อน้ำมัน ประมาณ 1 เท่า 4.2 การลงทุนน้ำมันในบ่อน้ำมัน ควรใช้ปริมาณ เล็ก เนื่องจากให้ผลตอบแทนสูงถึง 32.8% ระยะ เวลาคืนทุน 3 ปี 4.3 การลงทุนน้ำมันทั้ง 3 ชนิดในบ่อน้ำมัน ให้ผลตอบแทน และระยะเวลาที่คืนทุนไม่แตกต่างกัน แต่ การใช้พื้นที่ที่มีขนาดใหญ่กว่าเป็นวัตถุดิบ จะต้อง ใช้เงินลงทุนสูงกว่า จึงควรใช้ปริมาณเล็กผลิต ดีกว่าเช่นกัน 4.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการลอกคราบที่ต้นและ เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขนาดที่สูงกว่าของปริมาณ เล็ก จึงเป็นตัวแปรสำคัญต่อการผลิตต่อปี การลงทุน และผลตอบแทน