ผลของรูปแบบการเลี้ยงและอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกบนา (*Rana rugulosa*, Wiegmann)

เทพพิทักษ์ บุญทา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง

ชื่อเรื่อง

ผลของรูปแบบการเลี้ยงและอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกบนา

(*Rana rugulosa*, Wiegmann)

โดย

เทพพิทักษ์ บุญทา

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จงกล พรมยะ)

วันที่ 19 เดือน มี.ค. พ.ศ. 2556

กรรมการที่ปรึกษา .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน)

วันที่ 19 เดือน มี.ค. พ.ศ. 2556

กรรมการที่ปรึกษา .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.นิวุฒิ หวังชัย)

วันที่ 19 เดือน มี.ค. พ.ศ. 2556

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส)

วันที่ 19 เดือน มี.ค. พ.ศ. 2556

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัญญัติ มนเทียรอาสน์)

วันที่ 19 เดือน มี.ค. พ.ศ. 2556

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จาตุพงศ์ วาฤทธิ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 19 เดือน มี.ค. พ.ศ. 2556

ชื่อเรื่อง	ผลของรูปแบบการเลี้ยงและอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกบนา (*Rana rugulosa*, Wiegmann)
ชื่อผู้เขียน	นายเทพพิทักษ์ บุญทา
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ตร.จงกล พรมยะ

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้แบ่งเป็น 2 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และการปรับปรุงคุณภาพเนื้อของกบนา โดยใช้อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด Completely Randomized Design (CRD) แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ คือ อาหารควบคุมที่ไม่ผสมสาหร่ายและกระเทียม อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า 5 เปอร์เซ็นต์ อาหารผสมสาหร่ายไก 5 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผสมกระเทียม 5 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงกบนาน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 21.37±0.97 กรัมต่อตัว อัตราการปล่อย 100 ตัวต่อตารางเมตร เป็นเวลา 120 วัน พบว่า กบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่ามีค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (126.84±11.51 กรัมต่อตัว) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (1.06±0.10 กรัมต่อตัวต่อวัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (1.59±0.08 เปอร์เซ็นต์) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (4.08±0.32) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (4.27±0.16) อัตราการรอดตาย (59.19±0.89 เปอร์เซ็นต์) ค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศของเพศเมีย (0.56±0.02 เปอร์เซ็นต์) ค่าการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาว (44.59±8.29 เปอร์เซ็นต์) ดีกว่ากบนาที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม อาหารผสมสาหร่ายไก และอาหารชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่กบนาที่ได้รับอาหารผสมกระเทียมมีค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศในเพศผู้ (0.26±0.05 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่ากบนาที่ได้รับอาหารสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อและหนังกบนา พบว่ากบนาที่ได้รับอาหารสไปรูลิน่า มีค่าความชื้น เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตในเนื้อและหนังสูงที่สุด ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ แต่อาหารผสมสาหร่ายไกทำให้ค่าไขมันและปริมาณคาโรทีนอยด์ในเนื้อและหนังมีค่าสูงที่สุด ($p\leq0.05$) สรุปได้ว่าอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าทำให้กบนามีการเติบโต ค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศของเพศเมีย การกระตุ้นภูมิคุ้มกัน และการปรับปรุงคุณภาพเนื้อดีที่สุด แต่อาหารผสมกระเทียมมีผลทำให้ค่าดัชนีความสมบูรณ์ของเพศผู้สูงที่สุด ดังนั้นผู้ศึกษาจึงนำสูตรอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่ามาศึกษาในการทดลองที่ 2

โดยการทดลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และต้นทุนผลตอบแทนของกบนาที่เลี้ยงในรูปแบบที่ต่างกัน โดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ คือ เลี้ยงกบนาในบ่อซีเมนต์ เลี้ยงกบนาในคอก เลี้ยงกบนาในยางรถยนต์ (คอนโด) และเลี้ยงกบนาในกระชัง กบนามีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 11.56±0.31 กรัมต่อตัว เป็นเวลา 120 วัน พบว่ากบนาที่เลี้ยงในยางรถยนต์มีค่าน้ำหนักเฉลี่ย (152.45±38.62 กรัมต่อตัว) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (1.27±0.33 กรัมต่อตัวต่อวัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (2.18±0.24 เปอร์เซ็นต์ต่อตัว) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (2.90±0.47) ดีกว่ากบนาที่เลี้ยงในกระชัง และคอก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่ต่างกับกบนาที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ กบนาที่เลี้ยงในกระชังทำให้ค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) และกบนาที่เลี้ยงในยางรถยนต์มีต้นทุนในการผลิตต่อกิโลกรัมต่ำที่สุด (124.43 บาทต่อกิโลกรัม) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ สรุปได้ว่า การนำยางรถยนต์และบ่อซีเมนต์มาใช้เลี้ยงกบนา เป็นรูปแบบการเลี้ยงที่ทำให้กบนามีการเติบโตดีที่สุด รวมถึงกบนาที่เลี้ยงในยางรถยนต์มีต้นทุนในการผลิตต่ำที่สุด ทั้งนี้รูปแบบในการเลี้ยงกบนั้นต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมของสภาพพื้นที่เลี้ยง และวัตถุประสงค์ของผู้เลี้ยงเป็นหลัก เพื่อให้ได้ทั้งปริมาณผลผลิตมากที่สุดและมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด

Title	Effects of Suitable Methods and Feeds on Common Lowland Frog (*Rana rugulosa,* Wiegmann) Culture
Author	Mr. Teppitag Boonta
Degree of	Master of Science in Fisheries Technology
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Jongkon Promya

ABSTRACT

This research was divided into two trials. Trial 1 aimed to study the effects of supplementary diets including *Spirulina platensis,* Kai algae and garlic on the growth performance, gonadosomatic index, immunity stimulating capacity and meat quality improvement of the common lowland frog by using the Completely Randomized Design (CRD) with 4 treatments each replicated 3 times: Treatment 1, frogs were fed with basal diet with neither algae or garlic supplementation; and Treatments 2, 3 and 4, frogs were fed with commercial diets supplemented with 5% of *Spirulina platensis*, Kai algae, and garlic, respectively. Frogs with initial average weight of 21.37±0.97 g were used with a stocking density of 100 frogs per square meter on a 120-day feeding trial. Values for weight gain (126.84±11.51 g/frog), average daily growth (1.06±0.10 g/day), specific growth rate (1.59±0.08 %), protein efficiency (4.08±0.32), fed conversion ratio (4.27±0.16), survival rate (59.19±0.89 %), gonadosomatic indices in female frog (0.56±0.02 %), and phagocytosis activity (44.59±8.29 %) were shown in frogs fed with *Spirulina platensis*, to be significantly higher than those fed with either garlic, Kai algae supplementary diet or control diet ($p \leq 0.05$). But frogs fed with garlic additive diet had significantly higher gonadosomatic index in males (0.26±0.05 %) than those fed with *Spirulina platensis*, Kai algae supplementary diet or control diet ($p \leq 0.05$). On the nutritional values for meat and skin, it was found that frogs fed with *Spirulina platensis* contained the highest moisture, ash, crude fiber and carbohydrate in meat and skins ($p \leq 0.05$), but frogs fed with Kai algae had the highest lipid and carotenoids in meat and skin ($p \leq 0.05$). In conclusion of trial 1, frogs fed with *Spirulina platensis* supplementary diet had faster growth, higher gonadosamatic index of the female frog, more enhanced immunogenicity and improved quality of meat, while frogs fed with garlic additive diet

resulted in more enhanced gonadosomatic index of males. Based on this, the *Spirulina platensis* additive diet was then applied for further study in Trial 2.

Trial 2 aimed to investigate the growth performance, gonadosomatic index and cost benefits of frog raising in different culture systems. The experiment was divided into 4 treatments (cages, pens, concrete tanks and used tires or condo) with 3 replications each. Frogs with average initial weight of 11.56±0.31 g were used in the 120-day study. Frogs reared in the used tires (condo) had significantly higher final weight (152.45±38.62 g/frog), average daily growth (1.27±0.33 g/day), specific growth rate (2.18±0.24 %) and fed conversion ratio (2.90±0.47) than frogs reared in cages and pens ($p \leq 0.05$), but not significantly different from frogs reared in circular concrete tanks. Frogs reared in cages had the highest gonadosomatic index ($p \leq 0.05$) but frogs reared in used tires provided the lowest cost of production (124.43 baht/kg). In conclusion for trial 2, used tires and circular concrete tanks could be a suitable system for frog culture in terms of growth performance. Although frog cultivation in used tires provided the lowest production cost, other factors such as area, water supply and local feed should be also considered.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จงกล พรมยะ ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน รองศาสตราจารย์ ดร.นิวุฒิ หวังชัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส กรรมการที่ปรึกษา และอาจารย์ ดร.รุ่งกานต์ กล้าหาญ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ สำหรับการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด ทั้งยังสละเวลาอันมีค่าในการแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณบุคลากรห้องปฏิบัติการสาหร่ายและแพลงก์ตอน ห้องปฏิบัติการโรคสัตว์น้ำ ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์น้ำ และฐานเรียนรู้สาหร่ายและแพลงก์ตอน คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ และขอขอบคุณบุคลากรทุกท่านในคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ที่ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน

และสุดท้ายขอขอบพระคุณ คุณพ่อวิโรจน์ คุณแม่ก้ำ บุญทา อาจารย์ดุจเดือน อัญญะ และ นายณัฐฐาพงษ์ สุริยะ ที่คอยช่วยเหลือด้านทุนการศึกษา เก็บข้อมูล และคอยให้กำลังใจมาโดยตลอด

เทพพิทักษ์ บุญทา

มีนาคม 2556

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญภาพ	(12)
สารบัญตารางผนวก	(14)
สารบัญภาพผนวก	(15)
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
ขอบเขตของการศึกษา	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
ลักษณะทั่วไปของกบนา	4
การพัฒนาตัวอ่อนจนถึงตัวเต็มวัยของกบ	6
การกินอาหารของกบ	8
การเลี้ยงกบ	10
สาหร่ายสไปรูลิน่า	12
สาหร่ายไก	16
กระเทียม	19
การเจริญพันธุ์ของกบ	21
ระบบภูมิคุ้มกัน	22
คุณค่าทางโภชนาการในส่วนที่บริโภคได้ของกบ	24
รูปแบบในการเลี้ยงกบ	25
ต้นทุนในการเลี้ยงกบ	27
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28

หน้า

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย 38
อุปกรณ์และสารเคมี 25
การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม ต่อการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และคุณภาพเนื้อของกบนา 41
การทดลองที่ 2 การเลี้ยงกบนาด้วยรูปแบบที่แตกต่างกัน ต่อการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และต้นทุนผลตอบแทนในการผลิตกบนา 45
การวิเคราะห์ข้อมูล 48
บทที่ 4 ผลการศึกษา 49
การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม ต่อการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และคุณภาพเนื้อของกบนา 49
การเติบโต 49
ดัชนีความสมบูรณ์เพศ 53
คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อและหนังกบ 54
การจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาว 59
การทดลองที่ 2 การเลี้ยงกบนาด้วยรูปแบบที่แตกต่างกัน ต่อการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และต้นทุนผลตอบแทนในการผลิตกบนา 60
การเติบโต 60
ดัชนีความสมบูรณ์เพศ 63
ต้นทุนการผลิตกบนา 64
รายได้ทั้งหมด รายได้สุทธิ กำไรสุทธิ และผลตอบแทนต่อการลงทุน 65
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการวิจัย 68
การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม ต่อการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และคุณภาพเนื้อของกบนา 68
การเติบโต 68
ดัชนีความสมบูรณ์เพศ 71
คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อและหนังกบ 72

หน้า

ระบบความภูมิคุ้มกัน 73
การทดลองที่ 2 การเลี้ยงกบนาด้วยรูปแบบที่แตกต่างกัน ต่อการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และต้นทุนผลตอบแทนในการผลิตกบนา 74
การเติบโต 74
ดัชนีความสมบูรณ์เพศ 75
ต้นทุน และผลตอบแทนการผลิตกบนา 76
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 78
สรุปผลการวิจัย 78
ข้อเสนอแนะ 79
บรรณานุกรม 80
ภาคผนวก 90
ภาคผนวก ก ตารางผนวกการทดลองที่ 1 การเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และคุณภาพเนื้อของกบนา 91
ภาคผนวก ข ตารางผนวกการทดลองที่ 2 การเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และต้นทุนผลตอบแทนในการผลิตกบนา 95
ภาคผนวก ค การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการประเมินระบบภูมิคุ้มกัน 98
ภาคผนวก ง วิธีการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และรงควัตถุในอาหารทดลอง เนื้อ และหนังกบ 100
ภาคผนวก จ ภาพผนวกต่างๆ ของงานวิจัย 113
ภาคผนวก ฉ ประวัติผู้วิจัย 117

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายสไปรูลิน่า (*Spirulina platensis*)	14
2	คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก (*Cladophora* sp.)	17
3	องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของกบในส่วนที่บริโภคได้	25
4	ส่วนประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลอง (โดยน้ำหนักแห้ง)	42
5	ต้นทุนการผลิตกบนาที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน	65
6	ผลผลิตรวม ราคาจำหน่าย รายได้ทั้งหมด รายได้สุทธิ กำไรสุทธิ และผลตอบแทนต่อการลงทุนของการเลี้ยงกบนาในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน	67

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	กบนา (*Rana rugolosa*, Weigmann)	4
2	วงจรชีวิตของกบนา	7
3	สาหร่ายสไปรูลิน่า (*S. platensis*)	13
4	สาหร่ายสีเขียวไก (*Cladophora* sp.)	16
5	กระเทียม (*Allium sativum*, Linn)	19
6	สูตรโครงสร้างสารสำคัญที่พบในกระเทียม	20
7	การเลี้ยงกบในรูปแบบต่าง ๆ: ก) การเลี้ยงกบในบ่อดิน ข) การเลี้ยงกบในคอก ค) การเลี้ยงกบในบ่อซีเมนต์ ง) การเลี้ยงกบในกระชัง และ จ) การเลี้ยงกบคอนโด	26
8	น้ำหนักเฉลี่ยของกบที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน	50
9	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของกบที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน	51
10	อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตายของกบที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน	52
11	ดัชนีความสมบูรณ์เพศของกบนาเพศผู้และเพศเมียที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน	53
12	ค่าความชื้น ไขมัน โปรตีน และเยื่อใยของเนื้อกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน	55
13	เถ้า คาร์โบไฮเดรด และแคโรทีนอยด์ของเนื้อกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน	56
14	ค่าความชื้นของหนังกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน	57
15	โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ของเนื้อกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน	58

ภาพ		หน้า
16	แคโรทีนอยด์ของหนังกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน	59
17	การจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวของกบที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน	59
18	น้ำหนักเฉลี่ยของกบที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน	61
19	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย และอัตราการเจริญเติบโตต่อวันของกบที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน	62
20	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกบที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน	63
21	ดัชนีความสมบูรณ์เพศเฉลี่ยของกบนาเพศผู้และเพศเมียที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน	64

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวก		หน้า
1	น้ำหนักเฉลี่ยของกบที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน	92
2	การเติบโตเฉลี่ยตลอดการทดลองในแต่ละชุดการทดลองของกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน	92
3	ดัชนีความสมบูรณ์เพศเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองของกบนาเพศผู้และเพศเมีย ที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน	93
4	คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อกบนาในแต่ละชุดการทดลอง ที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า อาหารผสมสาหร่ายไก และอาหารผสมกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน	93
5	คุณค่าทางโภชนาการของหนังกบนาในแต่ละชุดการทดลอง ที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า อาหารผสมสาหร่ายไก และอาหารผสมกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน	94
6	การจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาว (เปอร์เซ็นต์) ของกบที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน	94
7	น้ำหนักเฉลี่ยของกบที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน	96
8	การเติบโตเฉลี่ยตลอดการทดลองในแต่ละหน่วยการทดลองของกบนาที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน	96
9	ดัชนีความสมบูรณ์เพศเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองของกบนาเพศผู้และเพศเมีย ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน	97

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวก		หน้า
1	นำสารละลายไปแช่ใน water bath และการแยกชั้นของสารละลายสีเหลืองและสีใส	111
2	บ่อซีเมนต์กลมที่ใช้ในการทดลองที่ 1	114
3	กบนาเริ่มต้นการทดลอง และสภาพแวดล้อมภายในบ่อทดลอง	114
4	อาหารทดลองที่ผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม 5 เปอร์เซ็นต์	114
5	กบทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 120 วัน	114
6	ขากบนาที่นำมาทดสอบคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อและหนังกบนา	114
7	อัณฑะของกบนาเพศผู้ที่ได้รับอาหารผสมที่แตกต่างกัน	114
8	รูปแบบการเลี้ยงกบนาในบ่อซีเมนต์กลม	115
9	รูปแบบการเลี้ยงกบนาในยางรถยนต์ (คอนโด)	115
10	รูปแบบการเลี้ยงกบนาในคอก	115
11	รูปแบบการเลี้ยงกบนาในกระชัง	115
12	กบนาเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยรูปแบบการเลี้ยงที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 120 วัน	115
13	อัณฑะและรังไข่ของกบนาเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยรูปแบบการเลี้ยงที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 120 วัน	115

บทที่ 1
บทนำ

กบเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่คนไทยนำมาบริโภคเป็นอาหาร เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง และมีรสชาติอร่อย ในปัจจุบันความต้องการบริโภคกบเพิ่มมากขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ เห็นได้จากการส่งออกกบไปยังต่างประเทศ (ภาณุวัฒน์, 2546) โดยเฉพาะประเทศฮ่องกง ซึ่งพบว่าประเทศไทยมีการส่งออกกบไปยังประเทศฮ่องกงในปี พ.ศ. 2553 มูลค่าการส่งออก 141.67 ล้านบาท อย่างไรก็ตาม ผลผลิตกบทั้งจากธรรมชาติและจากฟาร์มเพาะเลี้ยงกบไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด รวมทั้งประชากรกบในธรรมชาติลดลงอย่างรวดเร็ว จึงมีผู้นำกบมาเพาะขยายพันธุ์และเลี้ยงจนประสบความสำเร็จ เพราะกบเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่ายและจำหน่ายได้ราคาดี สามารถให้ความคุ้มทุนทางธุรกิจได้อย่างรวดเร็ว แต่การเลี้ยงกบเพื่อการค้าอย่างจริงจังต้องใช้เงินลงทุนในระยะแรกสูงพอสมควร เช่น ค่าติดตั้งอุปกรณ์ ค่าพันธุ์กบ หรือค่าก่อสร้างสถานที่เลี้ยง ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่มักขาดเงินลงทุนดำเนินการ และที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ค่าอาหารกบ ซึ่งเป็นต้นทุนหลักในการเลี้ยงกบและมีราคาแพง (38 - 39 บาทต่อกิโลกรัม) คิดเป็น 40 - 60 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนในการเลี้ยง (ยงยุทธ และ พิศมัย, 2548) นอกจากนี้ ปลาป่น ถือว่าเป็นแหล่งโปรตีนหลักในอาหารกบ แต่ปัจจุบันพบว่าปลาป่นมีราคาค่อนข้างแพง (50-60 บาทต่อกิโลกรัม) เนื่องมาจากต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง เช่น น้ำมัน ค่าแรงงาน และอื่น ๆ เป็นต้น มีนักวิจัยหลายท่านได้พยายามนำสาหร่ายมาเป็นแหล่งโปรตีน โดยเฉพาะสาหร่าย *Spirulina platensis* ซึ่ง จงกล (2546) กล่าวว่า *S. platensis* เป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เพราะมีโปรตีนสูงถึง 50 - 70 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และยังมีวิตามิน เกลือแร่ และรงควัตถุที่มีมูลค่าสูงอีกหลายชนิด เช่น C-phycocyanin ที่สามารถช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันในสัตว์น้ำ Watanuki et al. (2006) รายงานว่า ปลาคาร์พที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า มีความสามารถในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมสูงขึ้นและเพิ่มความต้านทานต่อการติดเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas hydrophila* นอกจากนี้ยังมีกรดไขมันจำเป็นไม่อิ่มตัว เช่น Arachidonic acid และ Gamma-linolenic acid (GLA) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสร้าง Prostaglandin มีหน้าที่สำคัญในการควบคุมปริมาณฮอร์โมนเพศที่ช่วยในการพัฒนาการสร้างไข่และอสุจิ (เกรียงศักดิ์, 2547; นิวุฒิ, 2547 และ Jongkol, 2008) แต่ยังไม่มีรายงานการศึกษาลักษณะดังกล่าวในกลุ่มของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ

ในขณะที่สาหร่ายไก (*Cladophora* sp.) มีคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญประกอบด้วย (น้ำหนักแห้ง) โปรตีน 10.7-17.7 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 2.0-2.5 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 14.7-16.8 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 20.6-26.1 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 52.5-60.9 เปอร์เซ็นต์ แคโรทีนอยด์ 953.7-1,728.9 ไมโครกรัมต่อกรัม และเบต้าแคโรทีน 20.0-91.9 ไมโครกรัมต่อกรัม จงกล (2552) กล่าวว่า เบต้าคาโรทีน (β-carotene) จัดเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ และเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ป้องกันการเกิดมะเร็ง นอกจากนี้ยัง

ประกอบไปด้วยวิตามินเอ ซี อี บี1 และบี2 (ยุวดี, 2550; ศิริเพ็ญ, 2552) ส่วนกระเทียม (*Allium sativum*, Linn) ถึงแม้จะมีคุณค่าทางโภชนาการไม่มากนักเมื่อเทียบกับสาหร่ายสไปรูลิน่าและสาหร่ายไก แต่กระเทียมมีคุณสมบัติเสริมสร้างภูมิต้านทานในสัตว์น้ำคล้ายกับสาหร่ายสไปรูลิน่า และสาหร่ายไก เช่น กระตุ้นการทำงานของ Phagocytic activity, T-lymphocyte activity และมีปริมาณแอนติบอดีที่สูงขึ้นในปลาทอง (จิราพร และคณะ, 2552; ธัชศึก และคณะ, 2554) และกระเทียมยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas hydrophila* ที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคขาแดงในกบ (พเยาว์, 2526; วันดี, 2539) นอกจากนี้กระเทียมยังสามารถกระตุ้นให้มีความสมบูรณ์เพศได้ในไก่เนื้อ (ศจีรา, 2549) แต่ยังไม่มีรายงานการศึกษาลักษณะดังกล่าวในสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ การพัฒนาอาหารกบ โดยใช้แหล่งโปรตีนจากสาหร่ายทดแทนปลาป่น นอกจากจะเป็นการลดต้นทุนการผลิตแล้ว ยังเป็นการลดการจับปลาขนาดเล็กจากธรรมชาติ (By catch) ส่งผลทำให้เกิดการทำประมงแบบยั่งยืน ลดปัญหาการทำประมงมากเกินควร (Over fishing) และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้

ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าหากนำเอาสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียมมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารกบจะสามารถช่วยในการเจริญเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน รวมถึงรูปแบบที่ใช้ในการเลี้ยงและต้นทุนในการผลิตกบนาได้ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการส่งเสริมให้เกษตรกรไทยหันมาเลี้ยงกบเป็นอาชีพหลัก และพัฒนาผลผลิตกบให้มีปริมาณและคุณภาพเพียงพอต่อความต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการเติบโต และดัชนีความสมบูรณ์เพศของกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายและกระเทียม
2. เพื่อศึกษาการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน และคุณภาพเนื้อของกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายและกระเทียม
3. เพื่อศึกษาการเลี้ยงกบนาในรูปแบบที่แตกต่างกัน
4. เพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงกบนา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้สูตรอาหารกบที่มีส่วนผสมของสาหร่ายและกระเทียมที่เหมาะสม

2. เพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิตกบนา เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ

3. เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการพัฒนาการเลี้ยงกบเชิงพาณิชย์

4. สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีในการเลี้ยงกบให้แก่เกษตรกร ผู้ประกอบการ ตลอดจนผู้ที่สนใจในการเลี้ยงกบนา

ขอบเขตของการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 เพื่อศึกษาการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และการปรับปรุงคุณภาพเนื้อของกบนา ที่ได้รับอาหารที่แตกต่างกัน 4 สูตร คือ อาหารควบคุมที่ไม่ผสมสาหร่ายและกระเทียม อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า 5 เปอร์เซ็นต์ อาหารผสมสาหร่ายไก 5 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผสมกระเทียม 5 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงเป็นเวลา 120 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการคัดเลือกสูตรอาหารที่เหมาะสมที่สุดมาใช้ในการทดลองที่ 2 เพื่อศึกษาการเลี้ยงกบนาในรูปแบบที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ คือ เลี้ยงกบในบ่อซีเมนต์ เลี้ยงกบในคอก เลี้ยงกบในยางรถยนต์ (คอนโด) และเลี้ยงกบในกระชัง เพื่อศึกษาการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และต้นทุนผลตอบแทนในการผลิตกบนา เป็นเวลา 120 วัน

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

กบเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลัง ประเภทสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำหรือสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก โดยทั่วไปสามารถพบกบในธรรมชาติเป็นจำนวนมากในช่วงฤดูฝน แต่ปัจจุบันกบในธรรมชาติมีปริมาณลดลงอย่างมาก เนื่องมาจากสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป เช่น มีการใช้สารเคมีในการทำเกษตรกรรม การขยายตัวของชุมชนรวมถึงการสร้างโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อสภาพที่อยู่อาศัยของกบ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีผู้นำกบไปเพาะขยายพันธุ์ และเลี้ยงได้จนประสบความสำเร็จ เนื่องจากกบเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่าย ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงสั้น คือ ประมาณ 3 เดือนต่อรุ่น และจำหน่ายได้ในราคาที่สูง สามารถให้ความคุ้มทุนทางธุรกิจได้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้ปัจจุบันมีผู้สนใจในอาชีพเลี้ยงกบเป็นจำนวนมาก ซึ่งกบที่มีการเพาะเลี้ยงกันมากที่สุด คือ กบนา เนื่องจากเป็นที่ต้องการของตลาด และมีราคาสูง (ศุภชัย, 2544)

ลักษณะทั่วไปของกบนา

ภาพ 1 กบนา (*Rana rugulosa*, Weigmann)

มานพ (2547) ได้จัดลำดับอนุกรมวิธานของกบนาไว้ดังนี้ คือ ชื่อไทย: กบนา กบเนื้อ หรือกบอีสาน ชื่อสามัญ: Common Lowland Frog ชื่อวิทยาศาสตร์: *Rana rugulosa*, Weigmann ไฟลัม: Amphibia ลำดับ: Anura ครอบครัว: Ranidae จีนัส: *Rana* และสปีชีส์: *Rugulosa*

กัมพล และคณะ (2532) กล่าวว่า ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและกายวิภาคของกบนานั้น ส่วนใหญ่ด้านหลังมีสีเขียวจุดดำอยู่ทั่วไป ผิวหนังด้านท้องมีสีขาวและขาวอมเหลือง หัวสั้นรูปทรงสามเหลี่ยมที่มีส่วนสูงเกือบเท่าส่วนฐาน ความกว้างของหนังดาบนเท่ากับระยะห่างระหว่างรูจมูกและ

เท่ากับระยะห่างระหว่างรูจมูกถึงริมฝีปาก ใต้คางจะมีจุดสีดำและเส้นสีดำตรงกึ่งกลาง และที่ขากรรไกรมีแถบขาวดำ ช่วงขาหลังยาวเป็นหนึ่งเท่าของช่วงลำตัว และยาวเป็น 2 เท่าของขาหน้า กบนาจะมีอวัยวะต่าง ๆ ภายนอกที่มีสัดส่วนสัมพันธ์กับน้ำหนักตัว กบนาเพศเมียที่โตเต็มวัยจะมีน้ำหนักมากกว่ากบนาเพศผู้ที่โตเต็มวัยประมาณ 2 เท่า เพศผู้ที่มีขนาดโตเต็มวัยจะมีถุงลม (vocal sac) เป็นหนังยื่นสีคล้ำอยู่บริเวณใต้คางทั้ง 2 ข้าง กบนาที่พบโดยทั่วไปจะมีลักษณะที่ปรับตัวให้เข้ากับธรรมชาติได้เหมาะสม และมีการผสมพันธุ์วางไข่ในต้นฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม – เดือนกรกฎาคม)

กบนาเป็นกบขนาดกลาง เมื่อโตเต็มที่มีน้ำหนักประมาณ 160 – 170 กรัมต่อตัว ผิวมีสีน้ำตาลปนดำ มีแถบสีดำคาดเป็นตอน ๆ ประมาณ 10 แถบบริเวณส่วนหลัง ขอบในของดวงตาแคบกว่าเปลือกตา บนด้านหน้าและด้านหลังของขามีสีน้ำตาล และมีลายพาดขวางสีน้ำตาล บริเวณใต้คางมีจุดสีเทากระจายอยู่ทั่วไป ขาหน้าและขาหลังมีขนาดความยาวปานกลาง มีแผ่นหนังเชื่อมระหว่างนิ้วเกือบถึงสุดปลายนิ้ว ปลายนิ้วเท้าโป่งออกเป็นตุ่มขนาดเล็ก ไม่มีกระดูกฝ่าเท้า (สุภาพร, 2540)

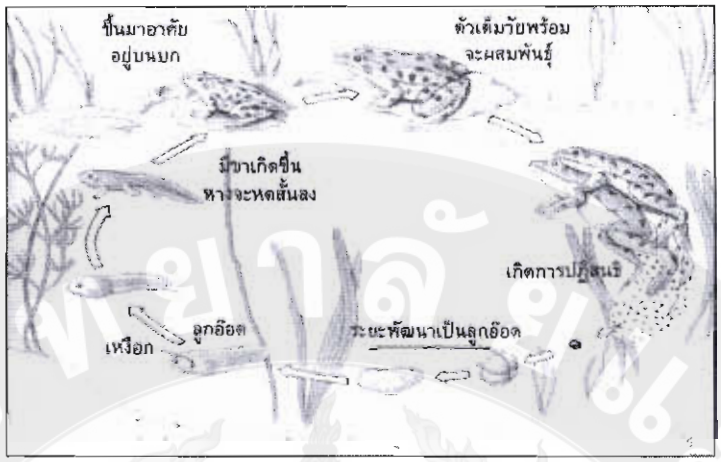
ผุสตี และคณะ (2535) และ วีรยุทธ์ (2552) กล่าวว่า กบนาเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังกลุ่มแรกที่มีวิวัฒนาการมาจากปลา ร่างกายของกบแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหัว และส่วนลำตัว โดยส่วนหัวติดกับลำตัว ไม่มีคอ ประกอบด้วยปากซึ่งมีขากรรไกรบนและล่าง และมีฟันซี่เล็ก ๆ ที่ขากรรไกรบนและด้านหน้าของเพดานปาก เพื่อป้องกันไม่ให้อาหารหลุดออกจากปาก มีลิ้นขนาดใหญ่ที่บริเวณพื้นของช่องปาก ซึ่งมีตุ่มรับรสและเมือกเหนียว ส่วนของตาค่อนข้างโดโปนและสามารถมองเห็นได้ดีในที่มืด หูกบมี 2 ส่วน คือ หูส่วนกลาง และหูส่วนใน มีจมูก 2 รู อยู่บริเวณเหนือปาก สามารถปิดหรือเปิดเพื่อให้อากาศภายนอกเข้าสู่ปากได้ และภายในรูจมูกมีอวัยวะในการทำหน้าที่รับกลิ่น ส่วนลำตัวมีลักษณะพองออก บริเวณท้องกว้างโดยเฉพาะกบเพศเมีย เพศผู้มีขาหรือรยางค์ 2 คู่ ขาคู่หน้าสั้นมี 4 นิ้ว มีตุ่มเล็ก ๆ ด้านใน และที่ด้านในของนิ้วจะมีตุ่มขนาดใหญ่เพื่อใช้ในการจับเพศเมียขณะผสมพันธุ์ ขาหลังมีนิ้ว 5 นิ้ว มีแผ่นหนังบาง ๆ เชื่อมต่อกันระหว่างนิ้วเพื่อใช้ในการว่ายน้ำ ผิวหนังกบมีลักษณะบางอ่อนนุ่ม ชั้นล่างช่วยในการหายใจและดูดซึมน้ำ โดยผิวหนังชั้นนอกมีเม็ดรงควัตถุกระจายอยู่ทั่วไป มีระบบประสาทอัตโนมัติ และต่อมใต้สมองเป็นตัวควบคุมการเปลี่ยนสีผิว ลำตัวกบเป็นสีต่าง ๆ โดยทั่วไปมีสีเหลืองปนแดง น้ำเงิน-เทา และน้ำตาล-ดำ เป็นต้น Christian and Tracy (2003) กล่าวว่า กบจะมีผิวหนังที่สามารถเปลี่ยนสีได้ตามสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ และฤดูกาล เช่น ในฤดูผสมพันธุ์วางไข่ กบตัวผู้จะมีสีที่ใต้ขาปรากฏเป็นสีเหลืองอ่อน ๆ หรือสีเหลืองออกส้ม ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ชัดเจนกว่ากบตัวเมีย กบหายใจได้ 2 วิธี คือ ทางผิวหนัง โดยบริเวณผิวหนังของกบจะชุ่มชื้นและมีเส้นเลือดฝอยจำนวนมากซึ่งช่วยในการแลกเปลี่ยนก๊าซ และปอดซึ่งมีลักษณะเป็นถุงบางหยุ่นคล้ายฟองน้ำอยู่ 2 ข้างของหัวใจ และมีทางติดต่อกับช่องปากและรูจมูกของส่วนหัว ส่วนระบบ

อื่น ๆ ได้แก่ ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบโครงกระดูก และระบบประสาทคล้ายคลึงกับสัตว์ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน (ผุสตี และคณะ, 2535; วีรยุทธ์, 2552)

การพัฒนาตัวอ่อนจนถึงตัวเต็มวัยของกบ

ลักษณะการพัฒนาคัพภะของกบนา คือ ไข่กบจะได้รับการผสมโดยกบเพศเมียทำการปล่อยไข่ออกมาทางช่องทวาร และกบเพศผู้จะปล่อยน้ำเชื้อออกมาผสมกับไข่กบที่อยู่ในน้ำนอกร่างกาย ซึ่งเป็นการผสมแบบภายนอก (external fertilization) ไข่กบเป็นไข่จมติดกับวัสดุ และไข่ที่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อจะมีลักษณะกลม โดยไข่แต่ละฟองจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1–2 มิลลิเมตร มีส่วนที่เป็นรงควัตถุสีน้ำตาลเข้ม ครึ่งด้านบนของไข่เรียกว่า animal pole ส่วนครึ่งด้านล่างมีสีเหลืองจาง เรียกว่า vegetal pole รอบนอกไข่มีสารที่มีลักษณะคล้ายวุ้นหุ้มอยู่โดยรอบ เรียกว่า albumen มีไข่แดงปานกลาง 2.3 – 5.0 มิลลิเมตร เมื่อไข่ถูกน้ำเชื้อไข่จะพองขึ้นประมาณ 1 – 1.5 เท่าของไข่ที่ยังไม่ได้รับการผสม ไข่จะเกิดการแบ่งเซลล์แบบตลอดทั้งใบ (holoblastic cleavage) ไข่จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากทรงกลมไปเป็นทรงรียาวขึ้นตามลำดับ ซึ่งจะใช้เวลาในการพัฒนาแบ่งเซลล์และเนื้อเยื่อเป็นตัวอ่อนประมาณ 18 – 28 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิของน้ำ 28 – 30 องศาเซลเซียส และหลังจากไข่ได้รับการผสมแล้วเป็นเวลาประมาณ 3 วัน ตัวอ่อนจะออกจากถุงที่หุ้มตัวอยู่เกิดเป็นลูกอ๊อด และจะใช้อวัยวะดูดเกาะ (sucker) เกาะพักนิ่งอยู่กับใบไม้หรือพืชน้ำ จากนั้นจะเริ่มหายใจและว่ายน้ำได้ดีขึ้น

ระยะเมทามอโฟซีส (metamorphosis) ลูกอ๊อดจะเจริญเติบโตและอาศัยอยู่ในน้ำระยะหนึ่งจนกระทั่งมีลำตัวค่อนข้างกลม หางยาว ว่ายน้ำรวดเร็ว จะมีขาคู่หลังงอกออกมาข้าง ๆ ทวารหนักข้างละ 1 ขา การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในระยะ 20 – 30 วัน และขาคู่หน้าจะเจริญออกมาพร้อม ๆ กัน แต่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งจะปรากฏให้เห็นเมื่อขาคู่หลังเจริญเต็มที่ใช้เวลา 27 – 30 วัน หลังจากไข่ได้รับการผสม โดยระยะนี้ปอดของลูกอ๊อดเริ่มทำงาน ดังนั้นลูกกบจึงหายใจทั้งทางปอดและทางเหงือก ลูกอ๊อดโผล่มาหายใจเหนือผิวน้ำบ่อย ๆ เหงือกจะค่อย ๆ หายไป มีนัยน์ตาขนาดใหญ่ขึ้น ทางเดินอาหารเจริญมากขึ้นพร้อมกับหางจะหดสั้นเข้าและหายไป ลูกกบระยะนี้เรียกว่า ตัวสำเร็จ รวมระยะตั้งแต่ไข่ผสมกับน้ำเชื้อจนกระทั่งเป็นตัวสำเร็จใช้เวลาประมาณ 30 – 40 วัน (เต็มดวง และคณะ, 2538) ดังแสดงในภาพ 2



ภาพ 2 วงจรชีวิตของกบนา
ที่มา: สินธุ์ธู (2552: ระบบออนไลน์)

ภานุวัฒน์ (2546) กล่าวว่า กบที่นิยมเลี้ยงในประเทศไทยในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. กบพันธุ์พื้นเมือง ได้แก่

กบนา (*Rana rugulosa*, Wiegmann) เป็นกบที่พบในทั่วทุกภาคของประเทศไทยและนิยมเลี้ยงมากที่สุด จัดเป็นกบขนาดกลาง เมื่อโตเต็มที่จะมีความยาวเฉลี่ย 4 นิ้ว มีน้ำหนักเฉลี่ย 200-500 กรัม (4-6 ตัวต่อกิโลกรัม) กบชนิดนี้พบโดยทั่วไปตามบริเวณแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่มีความสมบูรณ์ของธรรมชาติ

กบจาน (*Rana tigerina*, Qaudin) เป็นกบขนาดใหญ่ เมื่อโตเต็มที่มีความยาวเฉลี่ย 5 นิ้ว มีน้ำหนักเฉลี่ย 250 กรัม (4 ตัวต่อกิโลกรัม) กบจานจะมีรูปร่างคล้ายกับกบนา แต่มีความแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย กล่าวคือ กบจานจะมีผิวหนังสีน้ำตาลปนเขียว มีลายพาดสีจาง ๆ ตรงบริเวณริมฝีปาก และบริเวณใต้คาง ส่วนคอหอยจะมีจุดหรือลายริ้ว ด้านหลังมีสีเขียวอมน้ำตาล มีจุดสีดำเป็นจำนวนมาก

กบทูด กบยักษ์ หรือกบดง (*Rana macrodon*) เป็นกบขนาดใหญ่มาก เมื่อโตเต็มที่มีความยาวเฉลี่ย 11 นิ้ว มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 1,400 กรัม กบทูดมีลักษณะรูปร่างคล้ายปาดมากกว่ากบ กล่าวคือ ส่วนหัวสั้น หน้าผากสั้น มีปากค่อนข้างแหลม ลำตัวยาวโปร่ง หนังเรียบหนา ผิวหนังมีสีน้ำตาลอ่อน ครึ่งหลังของหนังตามีปุ่มเห็นได้ชัด ที่ปากตรงส่วนขากรรไกรบนมีจุดสีดำ และส่วนบนขากรรไกรล่าง คอหอย หน้าอก และส่วนหน้าจะมีสีน้ำตาลอ่อนปนสีครีม ที่ด้านท้องมีสีขาว กบชนิดนี้พบได้ในป่าดงดิบหรือต้นน้ำ ชอบซ่อนตัวอยู่ตามรากไม้ ก้อนหิน และกอหญ้า

มีมากในจังหวัดทางภาคใต้ เช่น จังหวัดชุมพร (อำเภอท่าแซะ และกิ่งอำเภอพะโต๊ะ) จังหวัดนครศรีธรรมราช และทางตอนใต้สุดที่ติดกับประเทศมาเลเซีย

กบบัว (*Rana erythrea*) เป็นกบขนาดเล็ก มีสีน้ำตาลอ่อน ขนาดโตเต็มที่ยาวประมาณ 2 นิ้ว มีน้ำหนักประมาณ 30 ตัวต่อกิโลกรัม

กบภูเขา หรือเขียดแลว (*Rana catesbeiana*) จัดเป็นกบขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย เมื่อโตเต็มที่มีน้ำหนักประมาณ 3,000 กรัม ลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกับปาด โดยจะมีส่วนหัวที่ค่อนข้างแหลม ระหว่างตากับจมูกมีเส้นลายดำ ปากมีขนาดกว้าง ตัวผู้จะมีขนาดยาวกว่าตัวเมียอย่างเห็นได้ชัด ผิวหนังค่อนข้างเรียบมีตุ่มบ้างที่ส่วนหลัง ผิวหนังลำตัวมีสีน้ำตาลปนแดง ที่ด้านท้องมีสีขาวอมเหลือง ขาหน้าและขาหลังยาว โดยเฉพาะขาหลังจะยาวกว่ามากและมีเนื้อมาก อีกทั้งยังสามารถกระโดดได้ไกลกว่า 4 เมตร กบชนิดนี้จะอาศัยอยู่ตามป่าดงดิบ หรือป่าที่มีความชุ่มชื้น และมีอากาศค่อนข้างเย็น มีลักษณะนิสัยที่ไม่ชอบอยู่ในรูเหมือนกบทั่วไป พบมากในจังหวัดทางภาคเหนือ เช่น แม่ฮ่องสอน เชียงราย ตาก นอกจากนี้ยังพบได้ทางภาคใต้ บริเวณช่องเขตติดต่อกันทางภาคเหนือผ่านเรื่อยมาทางภาคตะวันตกลงมาถึงภาคใต้ และพบได้มากในช่วงฤดูหนาว (เดือนธันวาคม) ซึ่งเป็นฤดูผสมพันธุ์วางไข่ของกบชนิดนี้

2. กบพันธุ์ต่างประเทศ คือ

กบบลูฟร็อก เป็นกบซึ่งนำเข้ามาจากต่างประเทศ มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตะวันตกของภูเขาร็อกกี้ ประเทศสหรัฐอเมริกา อาศัยอยู่ตามบ่อน้ำหรือตามแหล่งน้ำทั่วไป กบชนิดนี้เป็นกบขนาดใหญ่ เมื่อโตเต็มที่จะมีความยาวประมาณ 8 นิ้ว มีส่วนหน้าและส่วนหัวเป็นสีเขียว ส่วนของเยื่อหูโตกว่าตา ขอบของส่วนเยื่อหูด้านบนยกสูงขึ้นโค้งไปจรดกับขอบตา ใต้คางมีสีเหลือง ผิวหนังลำตัวมีสีเขียวปนดำประสีน้ำตาล บริเวณขาหลังมีลายพาดขวาง ใต้ขามีสีเขียว กบชนิดนี้ได้ทดลองเพาะเลี้ยงโดย คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งพบว่าสามารถเลี้ยงได้ผลดีในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

การกินอาหารของกบ

จากพฤติกรรมการกินอาหารและชนิดของอาหารมีความแตกต่างกันระหว่างระยะลูกอ๊อดและตัวเต็มวัย ทำให้นอกจากจะมีลักษณะโครงสร้างปากแตกต่างกันแล้ว ระบบทางเดินอาหารก็มีลักษณะแตกต่างกันด้วย โดยเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของท่อทางเดินอาหารจากระยะลูกอ๊อดไปเป็นกบตัวเต็มวัยเมื่อมีการเจริญของตุ่มขาหลัง (limb bud) (Yogoyama et al., 1998) ส่วน Hourdry et al. (1996) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงท่อทางเดินอาหาร และพฤติกรรมการกิน

อาหารของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกระหว่างการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง พบว่า ลำไส้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก โดยช่วงแรกของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจะมีความยาวมากและมีลักษณะขดเป็นวง จากนั้นในช่วงขั้นตอนสุดท้ายของการเปลี่ยนรูปร่างจะหดสั้นลงอย่างมากและไม่ขดเป็นวง รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงเยื่อบุผิวลำไส้ ส่วนกระเพาะและกล้ามเนื้อผนังกระเพาะจะมีการเจริญมากขึ้น มีการพัฒนาต่อมผลิตน้ำย่อย เนื่องจากเยื่อบุผิวของลำไส้เพื่อการดูดซึมอาหารยังไม่พัฒนาสมบูรณ์ ต้องมีการปรับตัวให้มีการสร้างเอนไซม์ ได้แก่ ทริปซิน (trypsin) จากตับอ่อน เปบซิน (pepsin) และไคติเนส (chitinase) จากกระเพาะอาหารเพื่อใช้ในการย่อยอาหารประเภทสัตว์หรือแมลง ทำให้ช่วงขั้นดอนสุดท้ายของการเปลี่ยนรูปร่างจนกระทั่งเป็นกบวัยอ่อนจะหยุดกินอาหาร นอกจากนั้นในช่วงนี้ยังมีการพัฒนาส่วนของลิ้นขึ้นมา (Nishikawa et al., 1972) อีกประการหนึ่งคือการพัฒนาในเรื่องของการรับภาพเพื่อการจับแมลง (Gaze et al., 1974)

อัตราการกินอาหารและปริมาณพลังงานที่กินโดยกบนาเมื่อได้รับอาหารระดับโปรตีนต่างกันแม้ว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จะส่งผลให้ค่าปริมาณโปรตีนที่กินมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ กบที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ กินโปรตีนน้อยที่สุดและน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกบที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 35, 40 และ 45 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่ากบนาที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีนต่ำ แม้จะกินปริมาณพลังงานในอาหารเข้าไปมากพอ แต่ปริมาณโปรตีนต่ำและไม่เพียงพอ จึงส่งผลให้การเติบโตด้อยกว่ากบนาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูงขึ้น อาจเป็นผลจากความจำกัดของกรดอะมิโนที่จำเป็นบางตัวในอาหารระดับโปรตีนต่ำ ซึ่งเป็นข้อจำกัดทำให้การสร้างโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตน้อยตามไปด้วย ทั้ง ๆ ที่กบนาสามารถนำโปรตีนในอาหารที่มีโปรตีนต่ำไปสะสมในตัวมากกว่าอาหารโปรตีนสูง (Wilson et al., 1986)

ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารจะให้ผลในแนวทางเดียวกัน คือ อาหารที่มีระดับโปรตีนสูงส่งผลให้ค่าของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารดีขึ้น กล่าวคือ อาหารที่มีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การใช้ประโยชน์จากอาหารมีประสิทธิภาพมากที่สุด จากค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่ต่ำสุดและค่าประสิทธิภาพโปรตีนสูง แต่เมื่อระดับโปรตีนสูงขึ้นเกินระดับที่เหมาะสม ส่งผลให้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและค่าประสิทธิภาพของโปรตีนมีแนวโน้มด้อยลงเช่นเดียวกันกับการศึกษาในปลาช่อน (Wilson et al., 1986)

สูตรอาหารที่ทำให้กบนามีอัตราการเติบโตได้ดีนั้น ควรจะมีปริมาณโปรตีนในอาหารถึง 40 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณอาหารที่กบต้องการในแต่ละครั้งนั้นจะต้องมีปริมาณถึง 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน อย่างไรก็ตามเมื่อกบนาได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูงถึง 45 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลให้ค่าการเจริญเติบโตของกบนาลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกบต้องสูญเสีย

พลังงานส่วนหนึ่งในการกำจัดกรดอะมิโนส่วนเกินออกจากร่างกาย ทำให้สูญเสียพลังงานส่วนที่สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ (สุชาติ, 2538) และชูศักดิ์ (2542) กล่าวว่า ในสภาพปกติกบจะกินอาหารวันละประมาณ 4-5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว โดยการให้อาหารจะให้วันละ 2 ครั้ง ในเวลาเช้า ประมาณ 6.00-7.00 นาฬิกา และเวลาเย็น ประมาณ 17.00-18.00 นาฬิกา หรืออาจให้กินเวลาเดียวในตอนเย็นหรือพลบค่ำก็ได้ เพื่อให้กบได้กินอาหารอิ่มเต็มที่ยิ่งขึ้น เพราะกบที่ยังมีความหวาดระแวงกลัวจะได้ขึ้นมาจากน้ำหรือที่หลบซ่อนมากินอาหารได้ต่อในช่วงเวลากลางคืน และภาณุวัฒน์ (2546) กล่าวว่า การให้อาหารนั้นควรให้อาหารกบเป็นเวลา คือเวลาเช้าและเย็น อาหารที่ให้ควรเป็นพวกปลาสับ เครื่องในสัตว์หรืออาหารเม็ดของปลาดุก ปริมาณอาหารควรให้ ดังนี้

- กบอายุ 20-40 วัน ให้อาหารกบเล็กชนิดเม็ดลอยน้ำโปรตีน 37 เปอร์เซ็นต์ ให้กินวันละ 3 ครั้ง (ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว)

- กบอายุ 40-70 วัน ให้อาหารกบรุ่นชนิดเม็ดลอยน้ำโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ ให้กินวันละ 2 ครั้ง (ประมาณ 3-4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว)

- กบอายุ 70 วัน-จับขาย ให้อาหารกบใหญ่ชนิดเม็ดลอยน้ำโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ให้กินวันละ 2 ครั้ง (ประมาณ 2-3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว)

การเลี้ยงกบ

สำหรับการเลี้ยงกบนั้นมีปัจจัยหลายด้านที่ช่วยส่งเสริมให้การเลี้ยงกบประสบผลสำเร็จ โดยสามารถแบ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเลี้ยงกบได้ ดังนี้

1. สภาพแวดล้อม ได้แก่ ความหนาแน่น สารอาหาร อุณหภูมิ อาจเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของลูกกบ จากการทดลองของ Mohanty et al. (1968) โดยนำลูกอ๊อดที่รวบรวมมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการกึ่งธรรมชาติเปรียบเทียบกับที่เลี้ยงภายใต้สภาวะธรรมชาติ พบว่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดของน้ำหนักและความยาวก่อนมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากลูกอ๊อดเป็นลูกกบไม่ต่างกัน ขณะที่ช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากลูกอ๊อดเป็นลูกกบมีผลทำให้น้ำหนักหายไป 32 เปอร์เซ็นต์ และความยาวหายไป 67 เปอร์เซ็นต์ และลูกอ๊อดจากแหล่งน้ำธรรมชาติ มีขนาดโตกว่าที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการที่อยู่ในระยะเดียวกัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความหนาแน่น สารอาหาร อุณหภูมิ หรือปัจจัยอื่น อันที่มีผลต่อการเจริญเติบโต แม้ว่าจะมีการกินกันเองของลูกอ๊อดช่วงการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง แต่ไม่พบว่าเป็นพวกกินเนื้อสัตว์อย่างแท้จริง

2. คุณภาพและลักษณะทางกายภาพของวัสดุในการผลิตอาหาร ควรมีคุณภาพที่สม่ำเสมอเนื่องจากหากมีคุณภาพบางประการที่เปลี่ยนไป เช่น กลิ่น ความอ่อนแข็งหรือความ

ยืดหยุ่นต่างกันกบจะไม่กินอาหาร ทำให้การเจริญเติบโตชะงักลงได้ และอาหารที่เตรียมไว้ใช้เลี้ยงหากฝึกให้กบกินตั้งแต่เล็ก ๆ จะหมดปัญหาในการหาอาหารที่เคลื่อนที่ได้ แต่ในช่วงแรกจะมีปัญหาบ้าง คือ ลูกกบไม่กินอาหารหรือกินน้อยมาก แต่เมื่อลูกกบหิวมาก ๆ ก็จะกินกันเอง การฝึกลูกกบที่หางหดเกือบหมดให้กินอาหารในสภาพนิ่งจะค่อนข้างยาก แต่ถ้าลูกกบโตขนาด 1.5 หรือ 2 เซนติเมตร จะฝึกได้ง่ายขึ้น หลังจากลูกกบมีอายุได้ 1 เดือน จะมีความยาวตั้งแต่ 1 นิ้วขึ้นไป ต้องมีการคัดขนาดเพื่อต้องการไม่ให้กบรังแกและกัดกินกันเอง (วิทย์, 2529) นอกจากนี้คุณภาพของอาหารทางด้านกายภาพสำหรับเลี้ยงกบควรคำนึงถึงมากกว่าอาหารกุ้งและอาหารปลา ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะนิสัยการมองเห็นของกบที่แตกต่างกันออกไป โดยสีที่กระตุ้นการกินอาหารของกบที่ดีที่สุดควรเป็นสีค่อนข้างแดงและเป็นสีที่สะท้อนแสงได้ ขนาดของอาหารต้องให้พอดีกับขนาดของปากและลำคอ (รณชัย, 2536) นอกจากนี้ ศุภชัย (2544) กล่าวว่า กบเป็นสัตว์ที่ชอบกินอาหารที่มีชีวิตเคลื่อนไหวได้ เช่น แมลง ไส้เดือน หนอน ลูกปลา และลูกกบตัวเล็ก ๆ เป็นต้น กบที่อยู่ในระยะกบรุ่นจนถึงระยะกบโต อาจให้อาหารจำพวกแมลงที่เพาะเลี้ยงเอาไว้ หรือบางครั้งอาจใช้ไฟล่อแมลงเพื่อเป็นอาหารของกบ

3. สารอาหาร ได้แก่ วิตามิน และแร่ธาตุ จากการรายงานของ Badach et al. (1972) กล่าวว่า การให้ตัวอ่อนของแมลงและจิ้งหรีดเป็นอาหารแก่กบ Green frog และกบ Leopard ได้ผลดี แต่พบว่า ในกบ Pickerel และกบพันธุ์เล็กบางชนิดแสดงอาการขาดวิตามิน และมีอัตราการรอดตายที่ต่ำ แม้ว่าการใช้แสงอัลตราไวโอเลต (ultraviolet) จะช่วยได้บ้างก็ตาม แต่ก็ไม่มีประสิทธิภาพเท่ากับปลาป่น วิตามินและแร่ธาตุ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม รวมทั้งธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของกบ

4. โรคกับศัตรูกบ เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเลี้ยง โดยกบจะเป็นที่พักทั้งชั่วคราวและถาวรของโรคพยาธิบางชนิด ทำให้กบเป็นโรคต่าง ๆ ได้ เช่น โรคขาแดง เป็นต้น สำหรับศัตรูของกบ เช่น งู ปลาที่กินเนื้อเป็นอาหาร สุนัข แมว นกบางชนิด เต่า ตะพาบน้ำ หนู และกบที่มีขนาดต่างกันก็กินกันเอง แต่การตายส่วนใหญ่ของกบนั้นจะอยู่ในบริเวณที่กบอาศัยอยู่ในน้ำเสียเป็นเวลานาน ๆ โดยที่ไม่มีโอกาสได้ขึ้นมาอยู่บนพื้นดิน บางครั้งคนไปรบกวนทำให้กบตกใจ เกิดอาการกล้ามเนื้อเกร็ง ขาหน้าและขาหลังจะเหยียดตรง ตัวแข็ง และทำให้ตายในที่สุด (กรมประมง, 2536)

ทองยุ่น (2547) กล่าวว่าโดยส่วนใหญ่การปล่อยกบลงเลี้ยงนั้นควรปล่อยกบที่มีขนาดเท่ากันคือ 1.5-2.0 นิ้ว เลี้ยงในอัตรา 100 ตัวต่อตารางเมตร ในการปล่อยกบนั้นควรวางภาชนะไว้บนชานบ่อก่อนแล้วจึงเปิดภาชนะ เอียงให้กบออกจากภาชนะที่ใส่ลงสู่บ่อเลี้ยงเอง นอกจากนี้การเลี้ยงกบมีความจำเป็นมากที่จะต้องมีการคัดขนาดกบ โดยควรคัดขนาดทุก ๆ 1-2 สัปดาห์ต่อครั้ง หากไม่มีการคัดขนาดหรือปล่อยกบตัวใหญ่ลงเลี้ยงรวมกับกบตัวเล็ก กบจะกัดกันเองหรือตัวใหญ่

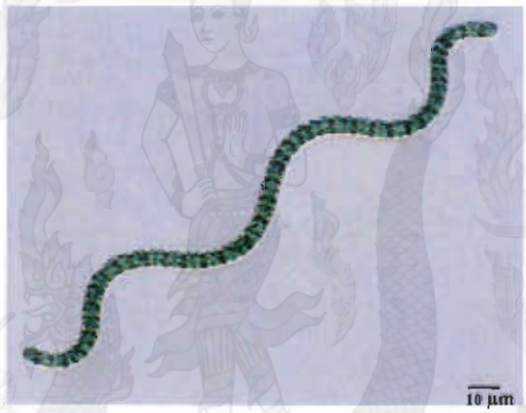
กินตัวเล็ก ทำให้เกิดความเสียหายเป็นจำนวนมาก (ภานุวัฒน์, 2546) นอกจากนี้ กรมประมง (2548) กล่าวว่า ระดับน้ำที่ใช้ในการฟักไข่นั้นควรมีประมาณ 7-10 เซนติเมตร ไข่จะฟักเป็นตัวภายใน 24 ชั่วโมง เมื่อไข่ฟักออกเป็นตัวแล้วช่วงระยะ 2 วันแรกยังไม่ต้องให้อาหารเพราะยังใช้ไข่แดง (yolk sac) ที่ติดมาเลี้ยงตัวเองอยู่ หลังจากนั้นจึงเริ่มให้อาหาร เช่น ไรแดง ไข่ตุ่น อาหารเม็ด ตามลำดับ เมื่อลูกอ๊อดฟักออกเป็นตัวจะต้องเพิ่มระดับน้ำในบ่อขึ้นเรื่อยๆ จนอยู่ที่ระดับความลึก 30 ซม. ลูกอ๊อดอายุครบ 4 วัน จะต้องทำการย้ายบ่อทุกๆ 3-4 วัน เนื่องจากลูกอ๊อดกินอาหารไม่ทันกัน ต้องคอยคัดขนาดและแยกบ่อไว้ตามขนาดของกบ ซึ่งอาจจะคัดขนาดของกบเป็นขนาดใหญ่ ขนาดกลาง หรือขนาดเล็กแล้วแต่ความเหมาะสม เปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน ๆ ละ ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อลูกอ๊อดเริ่มเข้าระยะที่ขาหน้าเริ่มงอกต้องลดระดับน้ำในบ่อลงมาอยู่ในระดับความลึกประมาณ 5-10 เซนติเมตร และจะต้องใส่วัสดุที่ใช้สำหรับเกาะอาศัยลงไปในบ่อ เช่น ทางมะพร้าว แผ่นโฟม เมื่อลูกกบอายุประมาณ 1 เดือน ลูกกบจะเป็นตัวเต็มวัย และขึ้นจากน้ำไปอาศัยอยู่บนบกหรือวัสดุอื่นๆ ที่ลอยน้ำ สามารถคัดขนาดนำไปเลี้ยงต่อไป

สาหร่ายสไปรูลิน่า

สไปรูลิน่า (*Spirulina*) มีความหมายว่า "เกลียว" เนื่องจากมีเส้นสาย (Filament) ที่ขดเป็นเกลียว สไปรูลิน่าจัดอยู่ในกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue-green algae) เนื่องจากมีคลอโรฟิลล์ช่วยในการสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นแบคทีเรียประเภท Cyanobacteria เนื่องจากเป็นสิ่งมีชีวิตพวก Procaryote คือ ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส สไปรูลิน่ามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-12 ไมโครเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของเกลียว (Helix) ประมาณ 35-50 ไมโครเมตร เนื่องจากเป็นสาหร่ายที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส จึงทำให้กรดนิวคลิอิคกระจายอยู่ทั่วไปในเซลล์ ไม่มีพลาสติกหรือโครมาโตเฟอร์ ทำให้รงวัตถุกระจายอยู่ทั่วไปในไซโตพลาสซึม ผนังเซลล์มีหลายชั้น เป็นสารประกอบของมิวโคโปรตีน (Mucoprotein) และเพคติน (Pectin) โดยผนังเซลล์ประกอบด้วยเยื่อหุ้มชั้นนอก (Outer membrane) และเยื่อพลาสมา (Plasma membrane) ที่มีชั้นของเปปติโดไกลแคน (Peptidoglycan) แทรกอยู่ระหว่างเยื่อทั้งสอง และมีเยื่อไทลาคอยด์ (Thylakoid membrane) ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสง และเป็นแหล่งที่พบสารสีหรือรงควัตถุสังเคราะห์แสงต่าง ๆ เช่น Chlorophyll-a, Carotenoids, Phycocyanin และ Allophycocyanin มี Gas vacuole ขนาดใหญ่อยู่ภายในไซโตพลาสซึม ทำให้สาหร่ายสามารถลอยตัวได้ดี (จงกล และ ขจรเกียรติ์, 2548)

สไปรูลิน่า มีโปรตีนประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ (ต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีระดับโปรตีนที่มากกว่าถั่วเหลืองที่มีโปรตีนเพียง 45 เปอร์เซ็นต์ (นิวุฒิ, 2547) และสไปรูลิน่ามีปริมาณโปรตีน

สูงกว่าเนื้อสัตว์ ประกอบด้วย GLA สูงกว่าพืชชนิดอื่น ๆ ซึ่งกรดไขมันชนิดนี้มีคุณสมบัติช่วยลดไขมันในเลือด วิตามินเอ ซึ่งอยู่ในรูปของเบตาแคโรทีน มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ โดยเบตาแคโรทีน ทำให้ร่างกายมีภูมิคุ้มกันโรคสูง เป็นสารต้านมะเร็งชนิดต่าง ๆ เป็นแหล่งอาหารที่มีวิตามินอี วิตามินซี วิตามินบี 1, 6 และไนอาซีนสูง โดยมีเกลือแร่ที่จำเป็นต่อร่างกายอีกมากมาย นอกจากนี้เม็ดสีในสาหร่ายสไปรูลิน่า ยังประกอบด้วยสีเขียวของคลอโรฟีลล์ สีน้ำเงินของไฟโคไซยานิน สีส้มของเบตาแคโรทีนและแซนโตฟิล ซึ่ง สุจินต์ (2547) รายงานว่า คลอโรฟีลล์หรืออนุพันธ์มีผลต่อการเจริญของแบคทีเรียและสัตว์ การเผาผลาญอาหาร การหายใจ กระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดง การทำงานของฮอร์โมน และการกำจัดสารพิษออกจากร่างกาย



ภาพ 3 สาหร่ายสไปรูลิน่า (*S. platensis*)
ที่มา : จงกล และ ขจรเกียรติ์ (2548)

การนำ *S. platensis* ไปใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์มักใช้สาหร่ายที่มีเกรดต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัตว์น้ำ เพื่อเร่งสีตัวให้มีสีสันสวยงาม เนื่องจากมีสารสีเบต้าแคโรทีน (beta-carotene) ลูทีน (Lutein) และซีอาแซนทิน (Zeaxanthin) นอกจากนี้กรดไขมันที่มีประโยชน์ และคาโรทีนอยด์จากสาหร่าย จะใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์วิตามินเอและฮอร์โมน ในประเทศญี่ปุ่นนิยมนำสาหร่าย *Spirulina* ไปเลี้ยงปลาคาร์ฟ ซึ่งเป็นปลากินพืชที่มีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงสารสีลูทิน (Lutein) และสีซีอาแซนทีน (Zeaxanthin) จากอาหารให้เป็นแอสตาแซนทิน (Astaxanthin) ซึ่งมีผลทำให้ปลามีสีแดงสวยงาม ดังนั้นสาหร่าย *Spirulina* ที่มีสารเหล่านี้อยู่มาก จึงนิยมนำมาใช้ในการเร่งสีลำตัวของปลา นอกจากนี้ยังมีการใช้ *Spirulina* สดผสมอาหารเลี้ยงปลาตะเพียนขาว และปลาดุกเพื่อเสริมโปรตีนมากกว่าเพื่อใช้ในการเร่งสี และมีการใช้เป็นอาหารสัตว์ เพราะจะไปเพิ่มสีของไข่แดง เนื้อไก่ และสัตว์อื่นได้ (Venkataraman, 1983)

สารคาโรทีนอยด์ทำหน้าที่ให้สีแก่สัตว์หลายชนิด มีประโยชน์ในการอำพรางกำบังตัว Astaxanthin และ β-carotene ยังเป็นสารตั้งต้นในการผลิตวิตามินเอในสัตว์ปีก และปลา จากการศึกษาพบว่า Astaxanthin สามารถป้องกันการเหม็นหืนของไขมันได้ดีกว่า เบตา-คาโรทีน ถึง 10 เท่า และสูงกว่าวิตามินอีถึง 100 เท่า นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันโรค และเป็นการเพิ่มสีของเนื้อปลาแซลมอล (กุศล, 2541) สอดคล้องกับ Vonshak (1997) ที่กล่าวว่าสาหร่ายสไปรูลิน่ามีสารที่เรียกว่า คาโรทีนอยด์ (Carotenoid) ซึ่งทำให้มีผลต่อสุขภาพของสัตว์น้ำ โดยสามารถลดความเครียด ทำให้สัตว์น้ำมีสุขภาพดี สามารถทนต่อเชื้อก่อโรคต่างๆ ได้ดีขึ้น

Del Campo et al. (2000) กล่าวว่าคาโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุเสริมซึ่งพบในสาหร่ายทั่วไป ประกอบด้วยคาโรทีน (carotene) และแซนโทฟิลล์ (xanthophyll) ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่าคาโรทีนกลุ่มเบต้าคาโรทีน (ß-carotene) จัดเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ และเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง ลดการเกิดต้อกระจก และการเสื่อมของเรตินา (retina) ในปัจจุบันมีการนำคาโรตินอยด์มาใช้ผสมอาหารของสัตว์น้ำ กระตุ้นการเกิดสีในปลา การเกิดสีในไก่และไข่แดง ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และใช้เป็นสีผสมอาหารแทนสีสังเคราะห์

ประโยชน์ของสาหร่ายสไปรูลิน่า

สาหร่ายสไปรูลิน่า จัดเป็นแหล่งอาหารที่อุดมด้วยโปรตีนซึ่งมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 50-70 ของน้ำหนักแห้ง มีคาร์โบไฮเดรตอยู่ประมาณร้อยละ 12-20 นอกจากนี้สาหร่ายสไปรูลิน่ายังเป็นแหล่งที่มีศักยภาพในการผลิตสารสำคัญซึ่งพบไม่ค่อยพบในสิ่งมีชีวิตอื่น โดยประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่หลายพันธะ (Polyunsaturated fatty acid, PUFA) โดยเฉพาะกรดแกมม่า-ลิโนเลนิค หรือ GLA (g-linolenic acid, 18:3 w 6) รงควัตถุธรรมชาติ เช่น ไฟโคไซยานิน (phycocyanin) และคาโรทีนอยด์ ชนิด myxoxanthophyll, zeaxanthin และสารพวกโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides) เป็นต้น อีกทั้งยังพบว่า มีกรดอะมิโนที่จัดเรียงกันอย่างได้สัดส่วนสมดุลถึง 18 ตัว เช่น วิตามิน B1, B2, B3, B12, วิตามิน C, วิตามิน A และเบต้าแคโรทีนอีกด้วย (จงกล, 2546) ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายสไปรูลิน่า (*Spirulina platensis*)

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
สารอาหารพื้นฐาน (กรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง)	
โปรตีน	54.44
ความชื้น	10.95
เถ้า	3.94

ตาราง 1 (ต่อ)

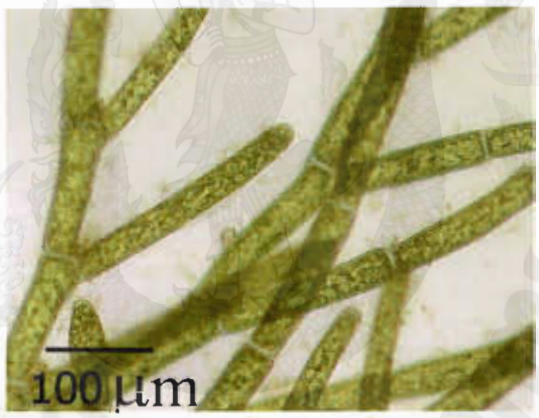
คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
เยื่อใย	2.31
ไขมัน	1.93
รงควัตถุ (มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง)	
คลอโรฟิลล์	1,600
เบต้า-แคโรทีน	51.38
แคโรทีนอยด์	170
แซนโทฟิลล์	100
คริพโตแซนทิน	55.6
อีคินีโนน	43.9
ซีแซนทีน	31.6
ไฟโคไซยานิน	18,000
วิตามิน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง)	
วิตามินซี	2.97
วิตามินบี 1	0.34
วิตามินบี 2	2.97
เกลือแร่ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง)	
โซเดียม	805.92
โปตัสเซียม	1,536.83
แมกนีเซียม	216.97
แมงกานีส	1.94
เหล็ก	36.85
สังกะสี	1.37
กรดอะมีโนที่จำเป็น (กรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง)	
ไอโซลิวซีน	4.13
ลิวซีน	5.5
ไลซีน	4
เมทไธโอนีน	2.17

ตาราง 1 (ต่อ)

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
ฟีนิลอะลานีน	3.95
ทรีโอนีน	4.17
ทริปโตเฟน	1.13
วาลีน	6

ที่มา : บริษัท กรีนไดมอนด์ จำกัด (ม.ป.ป: 10.); ยุวดี (2546); Jongkol et al. (2008)

สาหร่ายไก



ภาพ 4 สาหร่ายสีเขียวไก (*Cladophora* sp.)
ที่มา: ยุวดี (2550)

กาญจนภาชน์ (2527) ได้จัดลำดับอนุกรมวิธานของสาหร่ายไก ไว้ดังนี้ คือ ชื่อไทย: สาหร่ายไก ชื่อวิทยาศาสตร์: *Cladophora* sp.; Division: Chlorophyta; Class: Chlophyceae; Order: Cladophorales; Family: Cladophoraceae; Genus: *Cladophora*

เป็นสาหร่ายที่มีลักษณะเป็นเส้นสายที่แตกแขนง แต่การแตกแขนงจะไม่เป็นพุ่ม อาจแตกทีละ 1 แขนง เรียกว่า ไดโคโตมัส (Dichotomous branching) เซลล์ต่างๆ มีไรซอยด์ยึดเกาะกับพื้น (ยุวดี, 2550) เซลล์เป็นรูปทรงกระบอกมีความยาวมากกว่ากว้าง มีตั้งแต่ 5-20 เท่า ของความกว้าง ผนังเซลล์มี 3 ชั้น ชั้นในเป็นพวกเซลลูโลส ชั้นกลางเป็นสารพวกเพกติน และชั้นนอกสุดเป็น

พวกไดติน คลอโรพลาสต์เป็นรูปตาข่าย มีไพรีนอยด์กระจายอยู่ทั่วไป นิวเครียสหลายอันอยู่ในไซโตพลาสต์ ซึ่งล้อมรอบด้วยคลอโรพลาสต์รูปตาข่าย สาหร่ายไก มีปริมาณคาโรทีนอยด์ 339.68 ไมโครกรัม จากสาหร่ายแห้งปริมาณ 1 กรัม

มีการสืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยเพศโดยการสร้างแกมมีทเพศผู้และเพศเมีย และไม่อาศัยเพศโดยการสร้างสปอร์ โดยแกมมีทที่มีการผสมกันแล้ว เรียกว่า โซโกท และสปอร์จะเกาะติดกับก้อนหินที่พื้นท้องน้ำ ดังนั้น เมื่อเส้นสายของสาหร่ายไกตายไปเนื่องจากน้ำขุ่นในฤดูฝน ก็จะเหลือแต่ ไซโกท และสปอร์ดังกล่าวที่เกาะอยู่กับก้อนหินที่พื้นท้องน้ำ เมื่อน้ำในลำน้ำใสขึ้นในช่วงฤดูแล้ง เซลล์สืบพันธุ์จะงอกออกเป็นเส้นสายใหม่ (ยุวดี, 2550) สาหร่ายไกเจริญได้ดีในแหล่งน้ำไหลที่มีน้ำไหลค่อนข้างเอื่อย กระแสน้ำมีผลให้เส้นสายของสาหร่ายไกยืดยาวออกไปได้ แต่ถ้ากระแสน้ำแรงเกินไป เส้นสายของสาหร่ายไกอาจขาดได้นอกจากนั้นยังต้องเจริญในแหล่งน้ำที่มีความใสพอควร จึงพบสาหร่ายชนิดนี้ในฤดูแล้งหรือฤดูหนาว โดยจะพบมากในเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม

สาหร่ายไกพบมากในบริเวณลำน้ำน่านและบริเวณลุ่มน้ำโขง เขตอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย โดย กรมอนามัย (2530) รายงานว่า สาหร่ายไก มีปริมาณโปรตีน 19.94 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมัน 3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเยื่อใย 16.30 เปอร์เซ็นต์ และยังมีสารที่ช่วยสร้างรงควัตถุ คือ แซนโตรฟิล (Xanthophyll) และเบต้าแคโรทีน (β-carotine) ซึ่งเป็นสารสีส้มแดง

ตาราง 2 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก (*Cladophora* sp.)

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
สารอาหารพื้นฐาน (กรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง)	
โปรตีน	10.71-17.69
คาร์โบไฮเดรต	52.54-60.98
ไขมัน	2.04-2.56
เถ้า	14.71-16.89
เยื่อใย	20.67-26.10
รงควัตถุ (ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง)	
แคโรทีนอยด์	953.78-1,728.95
เบต้า-แคโรทีน	20.01-91.59

ตาราง 2 (ต่อ)

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
วิตามิน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง)	
วิตามินซี	14.2
วิตามินบี 1	0.12
วิตามินบี 2	0.45
กรดโฟลิก	0.14
กรดแพนโทธีนิก	0.3
ไนอะซีน	4.4
เกลือแร่ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ของน้ำหนักแห้ง)	
แคลเซียม	856
โซเดียม	595.6
โปตัสเซียม (กรัมต่อ 100 กรัม ของน้ำหนักแห้ง)	3.61
คลอไรด์ (กรัมต่อ 100 กรัม ของน้ำหนักแห้ง)	1.3
แมกนีเซียม	182.6
แมงกานีส	13.28
เหล็ก	178.6
สังกะสี	0.89
ซีลิเนียม (ไมโครกรัมต่อ กรัมของน้ำหนักแห้ง)	4.60.4

ที่มา: ยุวดี (2550); ศิริเพ็ญ (2552)

กระเทียม

ภาพ 5 กระเทียม (*Allium sativum*, Linn)

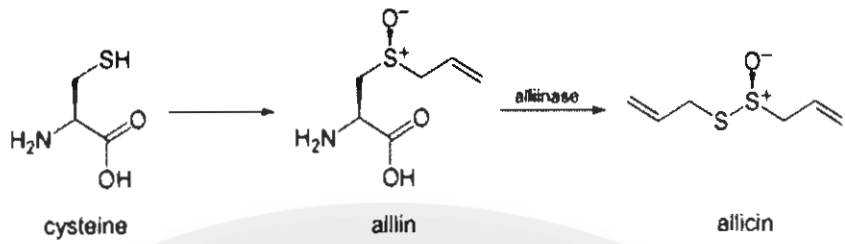
ชื่อวิทยาศาสตร์ของกระเทียมคือ *Allium sativum*, Linn อยู่ในวงศ์ Alliaceae ชื่อท้องถิ่น กระเทียม (ภาคกลาง) หอมเทียม (ภาคเหนือ) หอมขาว (ภาคอีสาน) หรือหอมเทียม (ภาคใต้)

ลักษณะทางพฤษศาสตร์

เป็นพืชล้มลุกที่มีหัวอยู่ใต้ดิน แต่ละหัวประกอบด้วยกลีบเรียงซ้อนกันประมาณ 4-15 กลีบ บางพันธุ์จะมีเพียงกลีบเดียว เรียกว่า "กระเทียมโทน" แต่ละกลีบมีกาบเป็นเยื่อบาง ๆ สีขาวอมชมพูหุ้มอยู่โดยรอบ กระเทียมมีรากไม่ยาวนัก ใบมีลักษณะยาวแบน ปลายใบแหลมแคบ โคนมีใบหุ้มซ้อนกัน ดอกออกเป็นช่อ มีสีขาวติดเป็นกระจุกที่ปลายก้านช่อ กระเทียมมีกลิ่นหอมฉุน รสชาติเผ็ดร้อน (พเยาว์, 2526)

องค์ประกอบทางเคมีในกระเทียม

สารสำคัญที่ทำให้กระเทียมมีกลิ่นหอมฉุนเผ็ดร้อน คือ เอนไซม์อัลลิเนส (Allinase) ที่เปลี่ยนสารอินทรีย์กำมะถันอัลลิอิน (Alliin) ให้เป็นน้ำมันหอมระเหยอัลลิซิน (Allicin) และเมื่อนำหัวกระเทียมสดมากลั่นด้วยไอน้ำจะได้น้ำมันกระเทียม (Garlic oil) นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารอาหาร น้ำ กรดไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต น้ำตาล กรดอะมิโน เหล็ก แคลเซียม วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และวิตามินซี ฯลฯ (พเยาว์, 2526)



ภาพ 6 สูตรโครงสร้างสารสำคัญที่พบในกระเทียม
ที่มา : พเยาว์ (2526)

สรรพคุณของกระเทียม

ช่วยป้องกันโรคหัวใจ ลดการอุดตันของเส้นเลือด ลดการเกาะตัวของเกล็ดเลือดได้ประมาณ 58 เปอเซ็นต์ และป้องกันโรคมะเร็ง โดยสารประกอบในกระเทียมจะไปทำหน้าที่ในการยับยั้งการเกิดสารก่อมะเร็งที่เรียกว่า ไนโตรซามีน ในร่างกายซึ่งช่วยป้องกันการเป็นมะเร็งได้ อีกทั้งยังช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน โดยจะช่วยเสริมสร้างภูมิต้านทานของร่างกายให้เพิ่มขึ้น เช่น macrophaqes, T-lymphocyte activity และ antibody production นอกจากนี้แล้วยังพบว่า กระเทียมมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรค เชื้อไวรัส และเชื้อรา (พเยาว์, 2526; วันดี, 2539) โดยเฉพาะเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas hydrophila* ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคขาแดง ก่อให้เกิดความเสียหายต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงกบเป็นอย่างมาก ซึ่ง จิราพร และคณะ (2522) กล่าวว่า กระเทียมสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. hydrophila* และยังสามารถเพิ่มเซลล์เม็ดเลือดขาว รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพในการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวได้ดีขึ้น ทำให้สัตว์น้ำสามารถทนต่อการติดเชื้อโรคต่างๆ ได้ดี (ศจีรา, 2549; สาโรจ และคณะ, 2546; จิราพร และคณะ, 2522 และ McCartney, 2002)

สารออกฤทธิ์ที่สำคัญในกระเทียมส่วนใหญ่อยู่ในรูปน้ำมันหอมระเหย มีสารอินทรีย์กำมะถันเป็นองค์ประกอบจึงทำให้มีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว ได้แก่ diallyl disulphide และ allylpropyl disulphide ซึ่งมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้หลายชนิดอย่างมีประสิทธิภาพ คือ มีฤทธิ์เป็นยาปฏิชีวนะ (antibiotic) ด้วย นอกจากนี้ยังมีไกลโคซายด์ allyin หรือ alliin (Sallyl-L-cystein sulfoxide) เมื่อนำมาขยี้ สับ หรือตำ ทำให้เซลล์กระเทียมแตกหรือฉีกขาด enzyme allinase จะเปลี่ยน allyin ให้เป็น allicin (allyl disulfoxide) มีคุณสมบัติเป็นน้ำมันไม่มีสี ที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแกรมลบหลายตัวได้ดีกว่า allyin เช่น *Staphylococus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Coryne bacterium diptheriae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi* และ *Shigella dysenteriae* เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ต้านไวรัสและพยาธิบางชนิด หากนำกระเทียมไปหมักน้ำมันพืชจะได้อนุพันธ์ของ allicin ได้แก่ ajoene ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโต ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และยับยั้งการสร้างสารพิษ aflatoxin ได้ (วิศิษณ์, ม.ป.ป.; Ankri and Mirelman, 1999; Yoshida et al., 1987 และ Cortes-Jorge, 2000) นอกจากนี้

กระเทียมยังมีผลต่อความสมบูรณ์เพศในสัตว์บกและสัตว์ปีก (ศจีรา, 2549) แต่ยังไม่มีรายงานถึงผลของกระเทียมต่อความสมบูรณ์เพศในสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำและในสัตว์น้ำ

การเจริญพันธุ์ของกบ

ธีรวรรณ และคณะ (2531) ได้รายงานผลการศึกษาตัวอย่างกบนาที่เลี้ยงในฟาร์ม พบว่า ความยาวลำตัวของกบนาเพศผู้ที่มีอายุ 6, 12, 18 และ 24 เดือน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีน้ำหนักแตกต่างกัน โดยน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้นตามลำดับ น้ำหนักและขนาดของอัณฑะจะเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่กบเพศเมียที่มีอายุ 6 และ 12 เดือน มีความยาวลำตัวไม่แตกต่างกันขณะที่น้ำหนักของรังไข่แตกต่างกันทุกกลุ่มอายุ คือ มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น ซึ่งกบนาเพศผู้ที่พร้อมจะผสมพันธุ์ได้ควรมีอายุตั้งแต่ 6 เดือนขึ้นไป ซึ่งอัณฑะจะมีการสร้างอสุจิ โดยลักษณะภายนอกจะเห็นถุงลม (vocal sac) เป็นถุงดำใต้คางได้ชัดเจน หรือควรมีน้ำหนักอย่างน้อย 88.0 ± 18.7 กรัมต่อตัว ส่วนรังไข่ของกบนาเพศเมียอายุ 6 เดือน จะพบ follicle ขนาดเล็กจำนวนมาก และเมื่ออายุมากขึ้นจะพบ follicle ขนาดใหญ่ขึ้นตามลำดับ นั่นคือกบเพศเมียที่เหมาะสมจะนำมาใช้ในการผสมพันธุ์ควรมีอายุมากกว่า 18 เดือน หรือมีน้ำหนักอย่างน้อย 151.1 ± 29.1 กรัมต่อตัว ซึ่งอาหารเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญพันธุ์ของกบเช่นกัน

แม่พันธุ์กบนาที่พร้อมจะผสมพันธุ์ ลักษณะของท้องจะอูม ผิวหนังตึงและใส สังเกตเห็นเส้นเลือดใต้ผิวหนังได้อย่างชัดเจน ด้านข้างของลำตัวมีลักษณะเป็นเม็ดหยาบจับดูจะรู้สึกสากมือ ส่วนพ่อพันธุ์กบนาที่พร้อมจะผสมพันธุ์นั้น สังเกตที่บริเวณขาด้านหน้าจะมีปุ่มหยาบๆ ที่จะช่วยในการยึดเกาะแม่พันธุ์ อวัยวะสืบพันธุ์จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นช่วง ๆ คือ ช่วงที่มีการจำศีลจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก อุณหภูมิที่ต่ำลงหรือเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอวัยวะสืบพันธุ์ และอาหารก็มีความสำคัญต่ออวัยวะสืบพันธุ์ เพราะต้องมีการพัฒนาระบบอวัยวะสืบพันธุ์ก่อนถึงฤดูกาลผสมพันธุ์ ในกบนาที่มีความสมบูรณ์ดีแล้วจะผลิตและสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โดยมีอวัยวะสืบพันธุ์ที่เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ซึ่งระบบสืบพันธุ์เพศผู้ประกอบด้วยกลีบมัน ไต ท่อไต และอัณฑะ ส่วนระบบสืบพันธุ์เพศเมียประกอบด้วย รังไข่ ไต ต่อมหมวกไต มดลูก และท่อไต (ศุภชัย, 2537) นอกจากนี้ ธีรวรรณ และคณะ (2531) ได้ศึกษาตัวอย่างกบนาที่เลี้ยงในฟาร์ม พบว่า ความยาวลำตัวของกบนาเพศผู้ที่มีอายุ 6, 12, 18 และ 24 เดือน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีน้ำหนักแตกต่างกัน โดยน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้นตามลำดับ น้ำหนักและขนาดของอัณฑะจะเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่กบเพศเมียที่มีอายุ 6 และ 12 เดือน มีความยาวลำตัวไม่แตกต่างกันขณะที่น้ำหนักของรังไข่แตกต่างกันทุกกลุ่มอายุ คือ มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น

ระบบภูมิคุ้มกัน

ภูมิคุ้มกัน (Immunity) หมายถึง ระบบทางสรีระวิทยาที่ทำให้สัตว์หรือมนุษย์มีความจดจำต่อสิ่งแปลกปลอม และสามารถทำให้สิ่งแปลกปลอมนั้นถูกทำให้หมดสภาพลง หรือขับสิ่งแปลกปลอมออก หรือทำลายสิ่งแปลกปลอมนั้นแล้วขับออกมา ซึ่งการกระทำนี้อาจจะเกิดหรือไม่เกิดการบาดเจ็บต่อเนื้อเยื่อของตัวเอง (โสมมนัส, 2538)

หน้าที่ของระบบภูมิคุ้มกันอาจแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

1. การป้องกันตัว (defense) เป็นการป้องกันการรุกรานจากจุลชีพ หรือสิ่งแปลกปลอม ซึ่งถ้าเกิดมากขึ้นกว่าปกติจะทำให้เกิดสภาวะภูมิไวเกิน และถ้าเกิดสภาวะเช่นนี้แล้วก็อาจทำให้มีการเพิ่มความไวต่อโรคได้ การป้องกันตัวเองนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1.1 ภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ (non-specific หรือ innate immunity) เป็นกลไกไม่จำเพาะของระบบป้องกันของร่างกายที่นับว่าสำคัญแบบหนึ่งในการที่จะป้องกันไม่ให้สัตว์ถูกเข้าทำลายด้วยเชื้อก่อโรคที่มีอยู่ เมื่อมีตัวก่อโรคผ่านเข้ามาในร่างกาย ขั้นแรกจะถูกขัดขวางจากภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะนี้ โดยจะป้องกันหรือทำลายตัวก่อโรคนั้นก่อนที่จะผ่านเข้ามาในร่างกาย

1.2 ภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ (specific immunity) เป็นภูมิคุ้มกันที่ร่างกายสร้างขึ้น โดยสามารถทำลายตัวก่อโรค หรือสิ่งแปลกปลอมได้อย่างจำเพาะ

ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างภูมิคุ้มกันจำเพาะ และภูมิคุ้มกันที่ไม่จำเพาะ คือ

ก. ความจำเพาะ (specificity) เป็นสมบัติของการตอบโต้ของภูมิคุ้มกันที่สามารถแยกแอนติเจนชนิดหนึ่งออกจากแอนติเจนอีกชนิดหนึ่ง

ข. ความซับซ้อน (heterogeneity) เป็นการต่อต้านสิ่งแปลกปลอมซึ่งเกิดจากการร่วมมือกันระหว่างเซลล์ต่าง ๆ หลายชนิด กระบวนการนี้มีความซับซ้อนเป็นอย่างมาก ซึ่งต่างกับการกลืนทำลายในภูมิคุ้มกันที่ไม่จำเพาะที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่กับ phagocytic cell และกระบวนการไม่ซับซ้อน

ค. ความทรงจำ (memory) เป็นการจดจำของเซลล์ที่เกิดขึ้นหลังจากมีแอนติเจนเข้ามาในร่างกายเป็นครั้งที่ 2 โดยมีการตอบโต้แอนติเจนนั้นอย่างรวดเร็ว และดีกว่าในการได้รับแอนติเจนครั้งแรก ซึ่งคุณสมบัตินี้ไม่พบในภูมิคุ้มกันที่ไม่จำเพาะ

2. การรักษาสภาพความเป็นปกติ (homeostasis) เป็นการรักษาสภาพความเป็นปกติของร่างกายให้คงไว้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับ normal degradation หรือ catabolic function ในร่างกายที่ช่วยควบคุมสิ่งเหล่านี้ ถ้าเกิดความไม่สมดุลของการรักษาความเป็นปกตินี้ ก็จะเกิดสภาวะที่เรียกว่า autoimmune disease

3. การตรวจดูแล (surveillance) เป็นการตรวจดูแลสิ่งผิดปกติของร่างกาย และกำจัดออกไป เช่น มีการกำจัดเนื้องอก ถ้าการกำจัดนี้เสียไปก็จะเกิดสภาวะ malignancy ของเนื้องอกได้

นอกจากนี้ภูมิคุ้มกันสามารถแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ 2 ชนิด คือ ภูมิคุ้มกันที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับเซลล์ (cell-mediated immunity) และภูมิคุ้มกันสารน้ำ (humoral immunity)

1. ภูมิคุ้มกันที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ จะประกอบด้วยเซลล์ที่ทำหน้าที่จับกินสิ่งแปลกปลอม (phagocytotic cell) ได้แก่ มาโครฟาจ (macrophage) และนิวโตรฟิล (neutrophil) Watanuki et al., (2006) กล่าวว่า สัตว์น้ำสามารถผลิตเซลล์ที่เรียกว่า nonspecific cytotoxic cell (NCC) ซึ่งทำหน้าที่คล้ายกับเซลล์เม็ดเลือดขาวของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่มีความสามารถในการทำลายเซลล์ที่ติดเชื้อไวรัส หรือเซลล์มะเร็ง นอกจากนี้สัตว์น้ำยังสามารถผลิตเซลล์เม็ดเลือดขาวจำพวก T และ B-lymphocytes ซึ่งเป็นเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันที่มีความจำเพาะต่อแอนติเจน

2. ภูมิคุ้มกันที่เป็นของเหลวในน้ำเลือด หรือภูมิคุ้มกันสารน้ำ (humoral immunity) มีหลายชนิด เช่น

2.1 คอมพลีเมนต์ (complement) ทำหน้าที่ช่วยในการทำให้เชื้อแบคทีเรียและไวรัส ง่ายต่อการถูกทำลายโดยจะช่วยเสริมการทำงานการกลืนกินของเซลล์ (phagocytosis) ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า opsonization คอมพลีเมนต์ยังทำให้เกิดการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียอีกด้วย

2.2 ไลโซไซม์ (lysozyme; N-acetylmuramide glycanhydrolase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ทำลายผนังเซลล์แบคทีเรีย (Dalmo et al., 1997)

2.3 สารที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จำพวก tranferrin และโปรตีน reactive (CRP) ที่อยู่ในซีรัม ทำหน้าที่กับคอมพลีเมนต์ในการช่วยเพิ่มความสามารถในการจับกินสิ่งแปลกปลอม

2.4 ไซโตคายน์ (cytokine) เป็นกลุ่มของโปรตีนที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณในการกระตุ้น และยับยั้งการทำงานของเซลล์ภูมิคุ้มกันชนิดต่าง ๆ

ภูมิคุ้มกันในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง

โสมมนัส (2538) กล่าวว่าสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังที่เก่าแก่ที่สุดที่พบได้ในโลก คือ กลุ่มของ Cyclostome สัตว์ในกลุ่มนี้มีลักษณะที่สำคัญ คือ ไม่มี true jaws ลำตัวยาวมี median fin ไม่มีเกล็ด มีหัวใจ 2 ห้อง มีปากดูด มีฟันซี่เล็ก ๆ สัตว์ในกลุ่มนี้ ได้แก่ hagfish และ lampreys

สัตว์มีกระดูกสันหลังที่วิวัฒนาการต่อมาจากกลุ่มของ Cyclostome คือ Elasmobranch ซึ่งเป็นสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังชนิดกระดูกอ่อน (cartilaginous fish) มีลักษณะเป็น primitive jawed vertebrate ลักษณะจำเพาะได้แก่ โครงกระดูกอ่อน (cartilage) มีขากรรไกรบน และล่าง ฟันมี enamel มี notochords หนังหยาบมีหัวใจ 2 ห้อง สัตว์กลุ่มนี้ได้แก่ ปลาฉลามชนิดต่าง ๆ

สัตว์ที่มีกระดูกสันหลังที่วิวัฒนาการต่อมาจาก Elasmobranch คือ Chondrostean กลุ่มนี้เป็นปลากระแข็งที่เก่าแก่ที่สุด มีอายุประมาณ 180 ล้านปีมาแล้ว ปลากลุ่มนี้มีปลา sturgeon paddle fish หรือ spoonbill ลักษณะที่สำคัญคือมี notochord กระดูกเป็นชนิดกระดูกแข็ง (bony) แต่ยังมีกระดูกอ่อนเป็นส่วนใหญ่

การพัฒนาทางระบบภูมิคุ้มกันในสัตว์ชั้นสูง คือ Holotean และ Teleostean ได้แก่ ปลาน้ำจืด ปลาทะเลชนิดต่าง ๆ ปลาทั้งสองกลุ่มนี้พัฒนาค่อนข้างจะดีขึ้นมาก โดยพบว่ามีต่อมธัยมัส ซึ่งเสื่อมสลายเมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้นพบ plasma cell ในกระแสโลหิต ในกลุ่มของสัตว์เลื้อยคลาน และสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำพบ primitive lymph node และ primitive tonsilar tissue ซึ่งในกลุ่มของ small และ medium sized lymphocyte แต่ไม่มี lymphoepithelial tonsil จะสามารถพบ plasma cell ใน lamina propria ของหลอดอาหารในสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ

ระบบไหลเวียนเลือดของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกนั้นทำหน้าที่ลำเลียงอาหารและออกซิเจนไปให้กับเซลล์ในเนื้อเยื่อของลำตัว และทำหน้าที่เคลื่อนย้ายของเสียและคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากเซลล์ พลาสมา (plasma) ของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกไม่มีสี ส่วนเม็ดเลือดมี 3 ประเภท คือ เม็ดเลือดแดง (erythrocyte) เม็ดเลือดขาว (leukocyte) และเกร็ดเลือด (thrombocyte) เม็ดเลือดแดงมีสารประกอบฮีโมโกลบินทำหน้าที่ลำเลียงออกซิเจนส่งให้กับเนื้อเยื่อภายในตัวสัตว์ และนำคาร์บอนไดออกไซด์กลับออกมา เม็ดเลือดแดงของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกรูปร่างกลมรีและมีนิวเคลียส และมีขนาดต่างกันตั้งแต่เล็กที่สุดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมโครเมตร ของซาลาแมนเดอร์สกุล *Necturus* (Proteidae) และใหญ่ที่สุดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 ไมโครเมตร ของซาลาแมนเดอร์สกุล *Amphiuma* (Amphiumidae) ซึ่งเป็นเม็ดเลือดแดงขนาดใหญ่ที่สุดของสัตว์มีกระดูกสันหลัง สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกมีจำนวนของเม็ดเลือดแดงแตกต่างกันระหว่าง 40,000-700,000 เซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร ซึ่งเป็นจำนวนน้อยกว่าของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (วีรยุทธ์, 2552)

คุณค่าทางโภชนาการในส่วนที่บริโภคได้ของกบ

ทองยุ่น (2546) กล่าวว่า กบเป็นอาหารประเภทเนื้อที่มีองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากกบที่เลี้ยงในฟาร์มต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะกินอาหารสำเร็จรูปที่มี

ส่วนประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน ทำให้เนื้อกบและอวัยวะต่าง ๆ ในส่วนที่บริโภคได้มีองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการสูงตามไปด้วย โดยเนื้อกบ หนังกบ กระดูกกบ และตับกบ มีองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการ คือ โปรตีน ไขมัน ความชื้น พลังงาน เถ้า และเยื่อใย รวมถึงแร่ธาตุจำพวกแคลเซียม และฟอสฟอรัส ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของกบในส่วนที่บริโภคได้

กลุ่มของกบ	องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)							
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	เยื่อใย	พลังงาน (แคลอรี่/100 กรัม)	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
พ่อพันธุ์กบ	71.36	16.05	1.86	1.24	0.59	50.46	0.100	0.168
แม่พันธุ์กบ	73.18	15.99	1.68	1.20	0.69	51.73	0.110	0.161
กบหนุ่ม	76.99	16.29	1.57	1.51	0.42	50.96	0.074	0.146
กบสาว	76.99	16.29	1.64	1.41	0.46	50.34	0.078	0.142
กบขุน	75.64	17.01	1.54	1.10	0.47	52.28	0.103	0.144
กบรุ่น	74.40	15.62	1.36	1.98	0.46	50.86	0.098	0.134
ลูกกบเล็ก	83.13	16.63	1.99	1.45	0.45	42.25	0.049	0.070
ลูกอ๊อด (อายุ 14 วัน)	88.13	16.26	1.12	1.11	0.37	44.84	0.195	0.243
ลูกอ๊อด (อายุ 21 วัน)	88.69	16.42	1.12	1.11	0.42	44.26	0.120	0.212

ที่มา : ดัดแปลงจาก ทองยุ่น (2546)

รูปแบบในการเลี้ยงกบ

ปัจจุบัน การเลี้ยงกบในประเทศไทยมีรูปแบบการเลี้ยงกบที่มีความหลากหลาย เช่น การเลี้ยงกบในบ่อดิน การเลี้ยงกบในคอก และการเลี้ยงกบในบ่อซีเมนต์ เป็นต้น โดย ชูศักดิ์ (2542) กล่าวว่า การเลี้ยงกบนาของเกษตรกรโดยทั่วไปมีการเลี้ยง 2 แบบ คือ

1. การเลี้ยงแบบไม่ครบวงจร เป็นการเลี้ยงที่อาศัยจับลูกกบจากธรรมชาติในต้นฤดูฝนแล้วนำมาเลี้ยงจนอายุ 4-5 เดือน จึงจับขายเป็นกบเนื้อ ซึ่งวิธีการเลี้ยงแบบนี้มีข้อจำกัดเรื่องการหาพันธุ์มาเลี้ยง เพราะสามารถทำได้เพียงฤดูกาลเดียว

2. การเลี้ยงแบบครบวงจรเป็นการเลี้ยงที่มีการขยายพันธุ์ในฟาร์มเลี้ยงเพื่อนำลูกกบไปเลี้ยงเป็นกบเนื้อ

การเลี้ยงทั้ง 2 แบบนั้นมีวิธีการเลี้ยงในบ่อเลี้ยงหลายรูปแบบ เช่น

1. การเลี้ยงกบในบ่อดิน (ภาพ 7 ก)
2. การเลี้ยงกบในคอก (ภาพ 7 ข)
3. การเลี้ยงกบในบ่อซีเมนต์ (ภาพ 7 ค)
4. การเลี้ยงกบในกระชัง (ภาพ 7 ง)
5. การเลี้ยงกบในคอนโด (ภาพ 7 จ)

ภาพ 7 การเลี้ยงกบในรูปแบบต่าง ๆ: ก) การเลี้ยงกบในบ่อดิน ข) การเลี้ยงกบในคอก ค) การเลี้ยงกบในบ่อซีเมนต์ ง) การเลี้ยงกบในกระชัง และ จ) การเลี้ยงกบคอนโด

ที่มา : ชูศักดิ์ (2542)

ทองยุ่น (2555) กล่าวว่า ชนิดของบ่อเลี้ยงกบนาที่นิยมสร้างกันทั่วไป แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ บ่อซีเมนต์ บ่อดิน และกระชัง แต่บ่อเลี้ยงดังกล่าวก็มีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน เช่น

บ่อซีเมนต์ มีข้อดี คือ

1. เป็นบ่อที่มีอายุการใช้งานอยู่ได้นาน
2. ป้องกันศัตรูได้ดี
3. ทำความสะอาดบ่อได้ง่าย
4. การจัดการไม่ยุ่งยาก
5. เก็บเกี่ยวผลผลิตกบได้ง่าย
6. เหมาะสำหรับใช้เพาะพันธุ์กบ
7. เหมาะสำหรับใช้ในงานทดลองวิจัย

บ่อซีเมนต์ มีข้อเสีย คือ

1. เกิดบาดแผลบนตัวกบได้ง่าย โดยเฉพาะแผลเรื้อรังตามนิ้วมือนิ้วเท้า ทำให้กบเป็นโรค นิ้วมือนิ้วเท้ากุดได้ง่าย
2. กบเจริญเติบโตช้ากว่ากบที่เลี้ยงในบ่อดิน
3. ต้นทุนค่าก่อสร้างบ่อค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียมกับบ่อดินและกระชัง
4. สีผิวหนังกบมักออกไปทางสีดำ หรือสีน้ำตาลอมดำ ถ้าเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขัดมันและพรางแสงแดดด้วยดาข่ายไนล่อนหรือตาข่ายพรางแสงซาแลน ผิวหนังของกบมักเป็นสีดำ ซึ่งเป็นข้อตำหนิของตลาด จะถูกกดราคาให้ต่ำกว่ากบผิวสีน้ำตาลอ่อน

บ่อดิน มีข้อดี คือ กบนาที่เลี้ยงในบ่อดินจะมีการเจริญเติบโตเร็ว ส่วนใหญ่มีผิวหนังสีน้ำตาลอ่อนอมเหลือง นิ้วมือนิ้วเท้ายาวตามปกติ ตัวใหญ่และได้น้ำหนักดี ใช้เวลาสั้นกว่ากบที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์และกระชัง

บ่อดิน มีข้อจำกัด คือ กบที่เลี้ยงในบ่อดินมีอัตราการรอดตายต่ำกว่ากบที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ แต่มีอัตราการรอดตายสูงกว่ากบที่เลี้ยงในกระชัง ศัตรูในธรรมชาติมีมากถ้าไม้ได้ล้อมรั้ว ล้อมคอก หรือล้อมขอบบ่อดิน โดยศัตรูเข้าไปกินกบในบ่อได้ง่าย เช่น งู ปู นก สุนัข แมว และอื่น ๆ กบหลบหนีได้ง่าย รวมถึงเกิดการสูญหายโดยไม่ทราบสาเหตุได้ง่าย

ต้นทุนในการเลี้ยงกบ

การศึกษาในส่วนของต้นทุนในการเลี้ยงกบนั้น ส่วนใหญ่แล้วการเลี้ยงกบเพื่อการค้าอย่างจริงจังต้องใช้เงินลงทุนในระยะแรกสูงพอสมควร เช่น ค่าติดตั้งอุปกรณ์ ค่าพันธุ์กบ หรือค่าก่อสร้างสถานที่เลี้ยง ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่มักขาดเงินลงทุนดำเนินการ และที่สำคัญอีก

ประการหนึ่ง คือ ค่าอาหารกบซึ่งมีราคาแพง (38-39 บาทต่อกก.) และมีคุณภาพค่อนข้างต่ำ โดยที่ผ่านมาพบว่า การเลี้ยงกบในบ่อซีเมนต์ เป็นรูปแบบที่นิยมเลี้ยงกันมากที่สุดในปัจจุบัน เพราะดูแลรักษาง่าย กบมีความเป็นอยู่ดีและเจริญเติบโตดี อีกทั้งเป็นการง่ายต่อการบริหารจัดการต่อผู้เลี้ยงในด้านการดูแลรักษา (ภาณุวัฒน์, 2546) อย่างไรก็ตามการเลี้ยงกบในบ่อซีเมนต์ การเลี้ยงกบในกระชัง และการเลี้ยงกบในบ่อดิน จะใช้ต้นทุนในส่วนของที่ดินและการก่อสร้างที่สูง เกษตรกรบางรายได้ประยุกต์วิธีการเลี้ยงโดยนำวัสดุเหลือใช้มาก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การเลี้ยงในยางรถยนต์เก่าซ้อนกันหรือที่เรียกว่า การเลี้ยงกบคอนโด ซึ่งใช้พื้นที่ไม่มากแล้วยังไม่สิ้นเปลืองน้ำ สอดคล้องกับ สุจนีย์ (2553) กล่าวว่า ต้นทุนในการผลิตกบนา โดยเฉพาะการเลี้ยงกบคอนโดถือได้ว่าเป็นรูปแบบการเลี้ยงที่มีการลงทุนน้อย กล่าวคือ เลี้ยงกบ 1 คอนโตจำนวน 100 ตัว จะใช้เงินลงทุนรวมประมาณ 800 บาท และถ้าเกษตรกรมีการจัดการในการเลี้ยงที่เหมาะสมจะสามารถผลิตกบนาใน 1 คอนโด ได้น้ำหนักกบ 25 กิโลกรัม ขายในราคากิโลกรัมละ 60 บาท จะมีรายได้จากการเลี้ยงกบประมาณ 1,500 บาทต่อ 1 คอนโด แสดงให้เห็นว่าเลี้ยงกบ 1 คอนโด มีกำไร 700 บาท ส่วน ฉะอ้อน (2550) กล่าวว่า การเลี้ยงกบในคอนโต นั้นจะให้ผลการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายที่ดีกว่าการเลี้ยงกบในบ่อซีเมนต์ นอกจากนี้ยังเป็นวิธีการเลี้ยงที่ใช้ต้นทุนน้อยและประหยัดน้ำ ซึ่งเหมาะกับพื้นที่สูงหรือพื้นที่แห้งแล้ง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เทพรัตน์ และคณะ (2546) ได้ทำการศึกษาผลของระดับโปรตีน ไขมัน วิตามินและแร่ธาตุรวม และวิตามินซีในอาหาร ต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดของกบบลูฟร็อก ที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีต (60 ตัวต่อตร.ม.) ซึ่งผลการทดลองพบว่า ระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกบบลูฟร็อก ส่วนการเสริมวิตามินและแร่ธาตุรวมในอาหารเลี้ยงกบบลูฟร็อก ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตรารอด และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และการเสริมวิตามินซีในอาหารไม่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ แต่วิตามินซีจะมีผลต่ออัตราการรอดของกบบลูฟร็อก โดยกบที่ได้รับการเสริมวิตามินซีที่ระดับ 0.5-2.0 เปอร์เซ็นต์ จะมีอัตราการรอดสูงกว่ากบที่ไม่ได้รับการเสริมวิตามินซี สอดคล้องกับ ธงชัย และคณะ (2548) ที่ศึกษาระดับโปรตีน 4 ระดับ คือ 25, 30, 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ในการเลี้ยงกบนาโดยใช้โปรตีนจากปลาป่นร่วมกับปลาเป็ดและปลาเบญจพรรณ เมื่อสิ้นสุดการให้อาหารในเดือนที่ 4 พบว่าระดับของโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกบนาคือ 30 เปอร์เซ็นต์

ยงยุทธ และ พิสมัย (2548) ศึกษาการใช้โปรตีนข้าวโพดทดแทนปลาป่นในอาหารกบ โดยจัดทำสูตรอาหารเลี้ยงกบนาในกระชังด้วยการใช้โปรตีนข้าวโพดทดแทนปลาป่นในอัตรา 0, 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งหมด 7 สูตร คือ สูตรที่ 1 โปรตีนข้าวโพด 0 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 2 โปรตีนข้าวโพด 20 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 3 โปรตีนข้าวโพดที่ผ่านการหมัก 20 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 4 โปรตีนข้าวโพดที่ผ่านการนึ่ง 20 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 5 โปรตีนข้าวโพด 40 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 6 โปรตีน ข้าวโพดที่ผ่านการหมัก 40 เปอร์เซ็นต์ และสูตรที่ 7 โปรตีนข้าวโพดที่ผ่านการนึ่ง 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในแต่ละสูตรจะให้ระดับโปรตีน 37 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 450 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม พบว่า กบนาที่เลี้ยงด้วยอาหารซึ่งใช้โปรตีนข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการหมักในอัตรา 20 เปอร์เซ็นต์ของอาหาร จะมีการเจริญเติบโตดี นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพของโปรตีนข้าวโพด โดยนำไปผ่านขบวนการหมักด้วยยีสต์และรา เพื่อเพิ่มกรดอะมิโนที่จำเป็นให้สูงยิ่งขึ้น หรือนำไปผ่านการให้ความร้อนโดยการนึ่งให้สุก ซึ่งจะเป็นการเพิ่มการใช้ประโยชน์ของโปรตีนข้าวโพดให้มากขึ้น และลดค่าอาหารซึ่งเป็นต้นทุนส่วนใหญ่ในการเลี้ยงกบนาได้

รัตน์ (2551) ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและการรอดตายของกบนาที่เลี้ยงโดยการให้อาหารต่างชนิดกัน ใช้กบนาในการทดลอง 540 ตัว เริ่มต้นเลี้ยงที่อายุกบ 46 วัน น้ำหนัก 500 กรัมต่อ 10 ตัว แบ่งเลี้ยงเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ ให้อาหาร 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 เป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูป ปริมาณโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 2 เป็นอาหารจากธรรมชาติ มีหอยเชอรี่ต้มสุกและสับ ไส้เดือนดิน แมลง และหนอนแมลงวัน สูตรที่ 3 เป็นอาหารอัดเม็ดผสมกับอาหารธรรมชาติในอัตราส่วน 1:1 ทุกการทดลองจะเลี้ยงกบไว้ในบ่อดินขนาด 1.5 ตารางเมตร ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) โดยให้อาหาร 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่า อาหารสูตรที่ 1, 2 และ 3 มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อ 10 ตัว เท่ากับ 2,650, 2,460 และ 2,750 กรัม ตามลำดับ ความยาวเฉลี่ยต่อ 10 ตัว เท่ากับ 12.5, 10.76 และ 13.2 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ทั้งนี้ น้ำหนักและความยาวมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เท่ากับ 0.64, 0.61 และ 0.65 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ อัตราการรอดตายคิดเป็นร้อยละ 97.15, 96.04 และ 99.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นกัน อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าอาหารสูตรที่ 3 เป็นอาหารอัดเม็ดผสมกับอาหารธรรมชาติในอัตราส่วน 1:1 นั้นมีแนวโน้มที่ทำให้กบนามีการเจริญเติบโตและอัตราการรอดดีที่สุด รองลงมาคือสูตรอาหารที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

Pitsamai and Malee (2001) ได้ทำการศึกษาระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมในกบพื้นเมืองไทย (*Rana rugulasa* Wiegmann) โดยทดลองให้อาหารที่ระดับพลังงาน 5,300 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม โปรตีน 4 ระดับ คือ 30, 35, 40 และ 45 เปอร์เซ็นต์ และทำการทดลองให้อาหาร

ระดับโปรตีน 37 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับพลังงานรวม 4 ระดับ คือ 4,500, 4,900, 5,300 และ 5,700 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ให้กินจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ในบ่อคอนกรีตบ่อ 30 ตัว จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมคือ 36.7 เปอร์เซ็นต์ และระดับพลังงานคือ 4,900 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม

Matson et al. (2010) ศึกษาการเติบโต การเปลี่ยนระยะ metamorphosis และอัตราการรอดของลูกอ๊อดกบ (*Litoria moorei*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า โดยเลี้ยงลูกอ๊อดในระดับความหนาแน่นต่ำ (1 ตัวต่อ 1.95 ลิตร) ในตู้กระจก อาหารที่ใช้ทดลองเป็นอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า แบ่งเป็น 4 สูตร ๆ ละ 3 ซ้ำ คือ 1. สูตรอาหารควบคุม (ไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า) 2. สูตรอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า (Wardley Premium *Spirulina* discs) 32 เปอร์เปซ็นต์โปรตีน 3. สูตรอาหารสมสาหร่ายสไปรูลิน่า (Sera GVG-mix tropical fish food) 46.4 เปอร์เปซ็นต์โปรตีน และ 4. สูตรอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า (Wardley Premium *Spirulina* discs + Sera GVG-mix tropical fish food) ให้อาหารกินจนอิ่ม เป็นเวลา 13 สัปดาห์ พบว่า ลูกอ๊อดเริ่มมีการตายตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 ของการเลี้ยงของทั้ง 4 หน่วยทดลอง และพบว่าระยะ metamorphosis ของลูกอ๊อดที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2, 3 และ 4 มีค่าการพัฒนาไปเป็นลูกกบเร็วกว่าลูกอ๊อดที่ได้รับอาหารชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปได้ว่าอาหารสมสาหร่ายสไปรูลิน่าทั้ง 3 สูตร มีผลทำให้ลูกอ๊อดมีค่าการเติบโต อัตราการรอด และการพัฒนาของระยะ metamorphosis ได้ดีกว่าลูกอ๊อดที่ได้รับอาหารชุดควบคุม

Olvera-Novoa et al. (2004) ทดลองใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองและสาหร่ายสไปรูลิน่าป่นทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารที่ใช้อนุบาลลูกอ๊อดกบบลูฟร็อก เป็นเวลา 7 สัปดาห์ พบว่า การใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองและสาหร่ายสไปรูลิน่าป่นทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 25 - 75 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ลูกอ๊อดกบบลูฟร็อกมีการเติบโตที่ดีกว่าและมีการพัฒนาจนถึงระยะเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (metamorphosis) เร็วกว่าอาหารที่ใช้โปรตีนจากปลาป่น และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองและสาหร่ายสไปรูลิน่าป่นทดแทนโปรตีนจากปลาป่น พบว่า การใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทำให้ลูกอ๊อดกบบลูฟร็อกมีการเจริญเติบโตดีกว่าและมีอัตราการเปลี่ยนรูปร่าง (metamorphosis rate) เร็วกว่าการใช้โปรตีนจากสาหร่ายสไปรูลิน่าป่น

จงกล และคณะ (2546) ที่ทดลองเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์ฟ โดยใช้อาหาร 3 ชนิด คือ อาหารเม็ดสำเร็จรูป *S. platensis* ในรูปสาหร่ายแห้ง และ *S. platensis* ในรูปสาหร่ายสด พบว่า ปลาแฟนซีคาร์ฟ ที่เลี้ยงโดยสาหร่ายแห้ง และสาหร่ายสดสามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการรอดตาย อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และสารแคโรทีนอยด์ที่สะสมในเนื้อปลาได้ดีกว่าอาหารสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ ต่อมา จงกล และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้สไปรูลิน่าสด (raw *Spirulina*; RS) ต่อการเติบโต และการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันในลูกปลานิลแดง

ในบ่อดินขนาด 5x5x1 ตารางเมตร ใช้ลูกปลาขนาดความยาว 0.60-0.70 เซนติเมตรต่อตัว น้ำหนัก 0.02±0.001 - 0.03±0.001 กรัมต่อตัว อัตราการปล่อย 500 ตัวต่อตารางเมตร แบ่งการทดลอง เป็น 4 หน่วยทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้ ชุดทดลองที่ 1 คือ ให้อาหารผง (powder feed; PF) 10 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวปลาต่อวัน ชุดทดลองที่ 2 คือ 60 เปอร์เซ็นต์ RS ต่อน้ำหนักตัวปลาต่อวัน ชุดทดลองที่ 3 คือ 80 เปอร์เซ็นต์ RS ต่อน้ำหนักตัวปลาต่อวัน และชุดทดลองที่ 4 คือ 100 เปอร์เซ็นต์ RS ต่อน้ำหนักตัวปลาต่อวัน เก็บข้อมูลทุก ๆ 15 วัน เป็นเวลา 90 วัน พบว่า ลูกปลาที่อนุบาลด้วย 100 เปอร์เซ็นต์ RS มีอัตราการรอด และภูมิคุ้มกันสูงกว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วย 80 เปอร์เซ็นต์ RS, 60 เปอร์เซ็นต์ RS และ 10 เปอร์เซ็นต์ PF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ สรุปได้ว่า การใช้สไปรูลิน่าสดเป็นอาหารอนุบาลลูกปลานิลแดงมีผลทำให้อัตราการรอด ภูมิคุ้มกัน จำนวนเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้น ส่วน Lu and Takeuchi (2003) ได้ศึกษาการใช้สาหร่าย *S. platensis* สดอนุบาล และเลี้ยงปลานิลแดงจนถึงระยะวางไข่ พบว่า ปลานิลมีอัตราการผสมพันธุ์ อัตราการฟักออกเป็นตัว และอัตรารอดของลูกปลาสูงกว่าการใช้อาหารปลาทั่วไป และสาหร่าย *S. platensis* สดทำให้เนื้อปลามีกรดไขมันจำพวก linoleic acid, Gamma-linolenic acid และ $\sum$n-6 สูงกว่าเนื้อปลาที่เลี้ยงในอาหารทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่ง Duncan and Klesius (1996) อ้างตาม จงกล และคณะ (2552) กล่าวว่า สาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นแหล่งโปรตีนที่มีศักยภาพในอาหารสัตว์น้ำ เนื่องจากมีโปรตีนสูง อีกทั้งยังประกอบด้วยวิตามินและเกลือแร่ในปริมาณสูง นอกจากนี้ผนังเซลล์ยังมีองค์ประกอบที่ง่ายต่อการย่อย เนื่องจากไม่มีเซลลูโลส

จงกล และคณะ (2548) กล่าวว่า อาหารผสมสาหร่ายไกมีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพเนื้อในปลาคุกรัสเซีย แต่ปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลการใช้สาหร่ายไกที่มีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพเนื้อในสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ณรงค์กิ่งเพชร (2553) ได้ศึกษาผลของสาหร่ายไกต่อการเจริญเติบโต การเจริญพันธุ์ อัตราการรอดตาย ปริมาณคาโรตินอยด์ และการตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันโรคของปลาคุกรัสเซีย โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ คือ ชุดการทดลองที่ 1 ได้รับอาหารไม่ผสมสาหร่ายไก ส่วนชุดการทดลองที่ 2 ถึง 4 ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ระยะเวลาในการเลี้ยง 180 วัน น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 8.005 ± 0.002, 8.005 ± 0.001, 8.005 ± 0.001 และ 8.007 ± 0.006 กรัมต่อตัว ในกระชังขนาด 1 x 2 x 1 ตารางเมตร ปล่อย 100 ตัวต่อกระชัง (50 ตัวต่อตารางเมตร) พบว่าปลาคุกรัสเซียที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไก 5 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโต สัมประสิทธิ์การเจริญพันธุ์เพศเมีย และปริมาณคาโรตินอยด์สูงกว่าปลาในชุดการทดลองอื่นๆ ส่วนอัตราการรอดตาย สัมประสิทธิ์การเจริญพันธุ์เพศผู้ และต้นทุนการผลิต ไม่มีความแตกต่างกัน ด้านการตอบสนองระบบภูมิคุ้มกันโรคพบว่า เม็ดเลือดแดงรวม เกล็ดเลือด และไลโซไซม์ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่

ปริมาณเม็ดเลือดขาวรวม และค่าฮีมาโตคริต ในหน่วยการทดลองที่เสริมสาหร่ายไก 5 เปอร์เซ็นต์มีแนวโน้มที่ดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ

สุลักษณ์ (2548) ได้นำสาหร่ายไกมาใช้ในการเพิ่มสีสันให้กับปลาหางนกยูง โดยนำมาผสมกับอาหารเม็ดมาตรฐานในอัตราส่วน 10, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ปลาหางนกยูงที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก 10 เปอร์เซ็นต์ พบเซลล์เม็ดสีที่หางปลาเป็นจำนวนมาก และพบเซลล์เม็ดสีน้อยที่สุดในอาหารผสมสาหร่ายไกที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ และ ธัชศึก (2554) กล่าวว่าสาหร่ายไก 6 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่ออัตราการเติบโต ช่วยเพิ่มปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความสามารถในการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาว ระดับแอนติบอดีของปลาทองได้ นอกจากนี้ยังกล่าวว่า สาหร่ายไก 6 เปอร์เซ็นต์ ช่วยเพิ่มการเกิดสีเหลืองบนตัวปลาทองได้ดีกว่าสาหร่ายสไปรูลิน่า 6 และ 12 เปอร์เซ็นต์

ร่วมฤดี และคณะ (2552) ศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดจากกระเทียมต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *A. hydrophila* ในปลาดุกลูกผสม แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ทดสอบความไวของเชื้อ *A. hydrophila* ต่อสารสกัดจากกระเทียมไทยและกระเทียมจีน จากตัวทำละลาย 2 ชนิด (เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ และอะซีโตน) โดยวิธี disk-diffusion method พบว่า สารสกัดจากกระเทียมไทยที่ใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวทำละลายมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียดีกว่าสารสกัดอื่น การทดลองที่ 2 ความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. hydrophila* (Minimum inhibitory concentration: MIC) พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 8,192 ppm เป็นค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. hydrophila* ได้ การทดลองที่ 3 ความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่สามารถฆ่าเชื้อ *A. hydrophila* (Minimum Bactericidal Concentration: MBC) พบว่า ไม่มีระดับความเข้มข้นใดที่สามารถฆ่าเชื้อ *A. hydrophila* ได้เลย

Shalaby et al. (2006) ได้ศึกษาผลของกระเทียมที่ใช้เป็นตัวกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (imunostimulant) และการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโต และอัตรารอดในปลานิล โดยจะให้ผสมอาหารที่ระดับ 1, 2, 3 และ 4.0 เปอร์เซ็นต์ ต่ออาหาร พบว่าที่ 3.0 เปอร์เซ็นต์ นั้นสามารถช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโต เพิ่มอัตราการรอด และช่วยลดแบคทีเรียในปลาได้ และ Metwally (2009) ได้ศึกษาผลของกระเทียมที่มีผลต่อระบบ antioxidant ในปลานิล โดยให้อาหารที่ผสมกระเทียมที่แตกต่างกัน คือ กระเทียมสด แคปซูลน้ำมันกระเทียม และกระเทียมผง (32 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม) พบว่า การเติมกระเทียมที่มีรูปแบบต่างกันทั้งที่กระเทียมสดและแปรรูปนั้น สามารถช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต ลดอัตราการตาย และเพิ่มระบบการทำงาน antioxidant ในปลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้กระเทียมยังมีผลต่อความสมบูรณ์เพศในสัตว์บกและสัตว์ปีก แต่ยังไม่มีรายงานถึงผลของกระเทียมต่อความสมบูรณ์เพศในสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำและในสัตว์น้ำ โดย ศจีรา (2549) ได้ทดลองเลี้ยงไก่เนื้อด้วยอาหารผสม 5 สูตร คือ สูตรที่ 1 เลี้ยงไก่เนื้อด้วยอาหารผสมสูตรควบคุมและ

ได้รับการฉีดน้ำมันมะกอก สูตรที่ 2 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม และได้รับการฉีดฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน สูตรที่ 3, 4 และ 5 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมเสริมกระเทียม 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ และได้รับการฉีดน้ำมันมะกอก เป็นเวลา 45 วัน พบว่าการเสริมกระเทียมสดในอาหารที่ 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่เนื้อ มีผลต่อการกระตุ้นการแบ่งตัว และพัฒนาของ Spermatigonium ไปเป็นเซลล์อสุจิ ซึ่งให้ผลกระตุ้นคล้ายคลึงกับการฉีดฮอร์โมนเพศ โดยการเสริมกระเทียมที่ระดับดังกล่าวทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนของหลอดสร้างอสุจิ และก่อให้เกิดการแบ่งตัวของเซลล์ที่สร้างอสุจิได้ดีกว่า สูตรอาหารผสมที่ 5, 2 และสูตรอาหารผสมชุดควบคุม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อการเพิ่มขนาดและน้ำหนักของอัณฑะ หงอน และเหนียง

Diegane and Jean (2011) ศึกษาผลของกระเทียมต่อการเติบโตและการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันในปลานิล แบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ อาหารชุดควบคุม (ไม่ผสมกระเทียม) 0.5 และ 1 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ปลานิลมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 25.5±1.0 กรัมต่อตัว เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 4 ปลานิลที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม 0.5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าจำนวนเม็ดเลือดรวม ค่า respiratory burst, phagocytic index และ lysozyme activity สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารชุดควบคุม นอกจากนี้ค่าการเจริญเติบโตของปลานิลที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม 0.5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารชุดควบคุม

Shalaby et al. (2006) เปรียบเทียบผลของคลอแรมฟีนิคอลและกระเทียมต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน การเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และการต้านทานต่อแบคทีเรีย มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 7.0±1.0 กรัมต่อตัว แบ่งเป็น 8 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ คือ ชุดควบคุม (ไม่ผสมกระเทียมและคลอแรมฟีนิคอล) อาหารผสมกระเทียม 10, 20, 30 และ 40 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และอาหารผสมคลอแรมฟีนิคอล 15, 30 และ 45 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม โดยอาหารทุกสูตรจะควบคุมให้มีปริมาณโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ และให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวปลาต่อวัน เลี้ยงเป็นเวลา 90 วัน พบว่าค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของกระเทียมและคลอแรมฟีนิคอลที่เพิ่มขึ้น โดยการเจริญเติบโตของปลานิลที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม 30 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และคลอแรมฟีนิคอล 30 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าสูงที่สุด ปลานิลที่ได้รับอาหารผสมกระเทียมและคลอแรมฟีนิคอล 30 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และ 30 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ตามลำดับ มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุด ค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลานิลที่ได้รับอาหารผสมคลอแรมฟีนิคอล 45 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าสูงที่สุด ส่วนอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การวัดการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน เช่น erythrocyte count (RBC) และ hemoglobin content ในปลานิลที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม 40 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และอาหารผสม

คลอแรมฟินิคอล 15, 30 และ 45 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารชุดควบคุม ส่วนค่า hematocrit ของปลาที่ได้รับอาหารผสมคลอแรมฟินิคอล 30 และ 45 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารชุดทดลองอื่น และพบว่าอาหารผสมกระเทียมและอาหารหารผสมคลอแรมฟินิคอลในทุกชุดการทดลองสามารถลดปริมาณของแบคทีเรียในน้ำ ในกล้ามเนื้อ และในลำไส้ของปลานิลได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารชุดควบคุม ส่วนอัตราการตายสะสมระหว่างการทดสอบเชื้อก่อโรคนั้น พบว่า อาหารผสมกระเทียมและอาหารหารผสมคลอแรมฟินิคอลในทุกชุดการทดลองมีค่าดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารชุดควบคุม ดังนั้น จากการทดลองจึงสรุปได้ว่า อาหารผสมกระเทียม 30 กรัมลงในอาหารปลา 1 กิโลกรัม จะทำให้มีการเจริญเติบโตที่ดี มีปริมาณแบคทีเรียที่ลดลง และช่วยในเรื่องของการกระตุ้นภูมิคุ้มกันได้

ทองยุ่น (2555) ได้ศึกษาถึงชนิดบ่อเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกบ โดยทดลองเลี้ยงกบในบ่อที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ได้แก่ บ่อซีเมนต์ กระชัง บ่อดิน บ่อหลุม และคอนโด อัตราการปล่อยเลี้ยง 100 ตัวต่อตารางเมตร กบทดลองเป็นกบลูกผสมสามสายเลือด เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป ระยะเวลาการทดลอง 90 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า บ่อซีเมนต์เป็นบ่อเลี้ยงที่ดีที่สุดที่ทำให้กบเจริญเติบโตดีกว่าบ่อเลี้ยงชนิดอื่น โดยมีขนาดความยาวตัวเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 12.59±0.06 เซนติเมตร ขนาดความยาวเหยียด มีค่าเท่ากับ 25.33±1.82 เซนติเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 239.47±63.69 กรัมต่อตัว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 2.54±0.77 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน อัตราการแลกเนื้อต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.92±0.19 มีต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 59.18±15.92 บาทต่อกิโลกรัม และให้ผลตอบแทนเป็นกำไรมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 20.81±15.84 บาทต่อกิโลกรัม ชนิดบ่อที่ให้กำไรรองลงมาคือ กระชัง มีค่าเท่ากับ 8.61±17.29 บาทต่อกิโลกรัม และบ่อดิน มีค่าเท่ากับ 0.05±12.51 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ บ่อเลี้ยงกบทั้ง 3 ชนิด เหมาะสำหรับการเลี้ยงกบเพื่อการค้าเชิงพาณิชย์ แต่บ่อหลุม และคอนโด กบจะเจริญเติบโตช้ากว่า ตัวเล็กกว่า น้ำหนักตัวน้อยกว่า บ่อหลุม และคอนโดเหมาะสำหรับการเลี้ยงกบเพื่อบริโภคในครัวเรือนมากกว่าการเลี้ยงเพื่อการค้า

ภาณุวัฒน์ (2546) กล่าวว่า การเลี้ยงกบในบ่อซีเมนต์ เป็นรูปแบบที่นิยมเลี้ยงกันมากที่สุดในปัจจุบัน เพราะดูแลรักษาง่าย กบมีความเป็นอยู่ดีและเจริญเติบโตดี อีกทั้งเป็นการง่ายต่อการบริหารจัดการต่อผู้เลี้ยงในด้านการดูแลรักษา บ่อกบดังกล่าวนี้ควรจะสร้างด้วยคอนกรีตหรือวัสดุอื่น ๆ ที่มีความแข็งแรงพอสมควร สามารถป้องกันไม่ให้กบหนี และป้องกันศัตรูจากภายนอกไม่ให้เข้าไปทำลายกบได้ ขนาดบ่อมีหลายขนาด ขึ้นกับความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ อย่างไรก็ตามการเลี้ยงกบในบ่อซีเมนต์ การเลี้ยงกบในกระชัง และการเลี้ยงกบในบ่อดิน จะใช้ต้นทุนที่ดินและการก่อสร้างที่สูง เกษตรกรบางรายได้ประยุกต์วิธีการเลี้ยงโดยนำวัสดุเหลือใช้มาก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การเลี้ยงในยางรถยนต์เก่าซ้อนกันหรือที่เรียกว่า การเลี้ยงกบคอนโด ซึ่งใช้พื้นที่ไม่มากแล้วยังไม่สิ้นเปลืองน้ำ คอนโด 1 ชุด

สามารถเลี้ยงกบได้ 100 ตัว โดย ฉะอ้อน (2550) กล่าวว่า การเลี้ยงกบคอนโด นั้นจะให้ผลการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายที่ดีกว่าการเลี้ยงกบในบ่อซีเมนต์ นอกจากนี้ยังเป็นวิธีการเลี้ยงที่ใช้ต้นทุนน้อย และประหยัดน้ำ ซึ่งเหมาะกับพื้นที่สูงหรือพื้นที่แห้งแล้ง และอายุของกบที่จะนำมาเลี้ยงในคอนโด ถ้ามีอายุมากกว่า 90 วัน มักจะพบปัญหาเรื่องกบเครียด เพราะอยู่ในที่มืดและแคบ อาจจะมีผลให้กบตายหรือการกินอาหารของกบยืดระยะเวลานานออกไปจาก 3 เดือน ไปถึง 4 เดือน ถึงจะจับขายได้ สถานที่จัดการวางคอนโดนับเป็นเรื่องที่มีความสำคัญ หลักการสำคัญควรจะวางอย่าให้ตากแดดโดยตรง เพราะยางรถจะร้อนมีผลทำให้น้ำที่อยู่ในคอนโดร้อนตามไปด้วย ควรจะวางในบริเวณที่มีแสงรำไร

ศรัณยู (2550) ได้ทำการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของกบนาที่เลี้ยงด้วยรูปแบบที่แตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงกบภายในบ่อปูนซีเมนต์กลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.10 เมตร สูง 0.40 เมตร ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงภายในยางรถบรรทุกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.10 เมตร จำนวน 3 เส้นเรียงซ้อนทับกัน และชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงภายในคอกขนาด 1×1×0.90 เมตร โดยใช้ตาข่ายไนล่อนขึงล้อมรอบ เลี้ยงด้วยอาหารสำหรับปลาดุกขนาดเล็ก วันละ 2 ครั้ง ระยะเวลาในการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กบนาที่เลี้ยงในยางรถบรรทุกมีการเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งสูงกว่าการเลี้ยงในบ่อปูนซีเมนต์และในคอก ส่วนน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน และอัตราการแลกเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับอัตราการรอดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า กบที่เลี้ยงในบ่อปูนซีเมนต์ และกบที่เลี้ยงในยางรถยนต์ ต่างกับกบที่เลี้ยงในคอก

อนุวัฒน์ และคณะ (2548) ได้ศึกษาการเลี้ยงกบนาในบ่อซีเมนต์ด้วยอัตราความหนาแน่นที่แตกต่างกัน โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ช่วงอายุการเลี้ยง คือ ช่วงอายุการเลี้ยงที่ 1 กบนาอายุ 50 วัน ถึง 80 วัน เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 25, 50, 75, 100 และ 125 ตัวต่อตารางเมตร ช่วงอายุการเลี้ยงที่ 2 กบนาอายุ 80 วัน ถึง 110 วัน เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 15, 30, 45, 60 และ 75 ตัวต่อตารางเมตร และช่วงอายุการเลี้ยงที่ 3 กบนาอายุ 110 วัน ถึง 140 วัน เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 10, 20, 30, 40 และ 50 ตัวต่อตารางเมตร โดยเน้นการศึกษาเกี่ยวกับต้นทุนในการผลิต รายได้ทั้งหมด รายได้สุทธิ กำไรสุทธิ และผลตอบแทนต่อการลงทุน ซึ่งในด้านต้นทุนการผลิต พบว่า ช่วงอายุการเลี้ยงที่ 1 มีต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมอยู่ระหว่าง 52.08 ถึง 57.18 บาท รายได้สุทธิมีค่าระหว่าง -77.57 ถึง -304.61 บาท และกำไรสุทธิมีค่าระหว่าง -88.69 ถึง -315.73 บาท และผลตอบแทนต่อการลงทุนมีค่าระหว่าง -21.99 ถึง -28.99 เปอร์เซ็นต์ ช่วงอายุการเลี้ยงที่ 2 มีต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมอยู่ระหว่าง 45.63 ถึง 48.50 บาท รายได้สุทธิมีค่าระหว่าง 21.04 ถึง 111.93 บาท และกำไรสุทธิมีค่าระหว่าง 9.93 ถึง 100.81 บาท และผลตอบแทนต่อการลงทุนมีค่าระหว่าง 6.52 ถึง 10.64 เปอร์เซ็นต์ และช่วงอายุการเลี้ยงที่ 3 มีต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมอยู่ระหว่าง 48.65 ถึง 56.52 บาท รายได้สุทธิมีค่าระหว่าง 30.00 ถึง 225.28 บาท และกำไรสุทธิมีค่าระหว่าง 18.88 ถึง 214.16 บาท และผลตอบแทนต่อการลงทุนมีค่าระหว่าง 9.78 ถึง 24.65 เปอร์เซ็นต์ เมื่อ

พิจารณาต้นทุนการผลิตพบว่า อัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงกบนาช่วงอายุการเลี้ยงที่ 1, 2 และ 3 คือ 100, 75 และ 50 ตัวต่อตารางเมตร เนื่องจากในอัตราความหนาแน่นดังกล่าวมีต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมต่ำสุด และมีผลตอบแทนต่อการลงทุนสูงกว่ากบนาที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นอื่น ๆ

รัตน์ (2551) ศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของกบนาที่เลี้ยงโดยใช้สูตรอาหารต่างชนิดกัน แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดทดลอง และให้อาหาร 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 เป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูป ปริมาณโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 2 เป็นอาหารจากธรรมชาติ มีหอยเชอรี่ต้มสุกและสับ ไส้เดือนดิน แมลง และหนอนแมลงวัน สูตรที่ 3 เป็นอาหารอัดเม็ดผสมกับอาหารธรรมชาติในอัตราส่วน 1:1 ทุกการทดลองจะเลี้ยงกบไว้ในบ่อดินขนาด 1.5 ตารางเมตร ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) โดยให้อาหาร 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน พบว่า พบว่า สูตรอาหารที่ 3 มีแนวโน้มที่ทำให้กบนามีการเจริญเติบโตและอัตราการรอดได้ดีที่สุด รองลงมาคือสูตรอาหารที่ 1 และ 2 ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่กลับพบว่ามีต้นทุนในการเลี้ยงและผลผลิตที่ได้มีค่าที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ค่าใช้จ่ายในด้านวัสดุอุปกรณ์ ค่าพันธุ์กบ ค่าแรง ในแต่ละการทดลองมีค่าเท่ากัน คือ 212, 120 และ 120 บาทต่อบ่อ ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายในด้านอาหารในแต่ละการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ 1 มีค่าใช้จ่ายมากกว่าชุดการทดลองที่ 3 และ 2 คือ 429.43, 381.98 และ 249.72 บาทต่อบ่อ ตามลำดับ ส่วนค่าใช้จ่ายในการลงทุนแต่ละชุดการทดลองมีค่าแตกต่างกัน คือ เนื่องจากราคาอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีราคาแพง ทำให้ต้นทุนในการเลี้ยงกบนาสูงตามไปด้วย และพบว่าชุดการทดลองที่ 1 มีการลงทุนมากกว่าชุดทดลองที่ 3 และ 2 คือ 881.43, 833.98 และ 701.72 บาท ตามลำดับ จากต้นทุนที่ใช้ในการลงทุนในแต่ละชุดการทดลองนั้น พบว่า ผลผลิตต่อบ่อมีค่าที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยในชุดการทดลองที่ 3 มีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ 1 และ 2 คือ 16.23, 15.19 และ 13.61 กิโลกรัมต่อบ่อ ตามลำดับ และพบว่าราคาที่ขายได้มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย คือ ชุดการทดลองที่ 3 มีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ 1 และ 2 คือ 1,136.10, 1,063 และ 952.70 บาท ตามลำดับ ส่วนกำไรสุทธินั้นเมื่อคิดกับต้นทุนจะพบว่า ชุดการทดลองที่ 3 มีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ 2 และ 1 คือ 302.12, 250.98 และ 181.87 บาท ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ชุดการทดลองที่ 3 มีความเหมาะสมในการเลี้ยงกบนาที่มีอัตราการให้กำไรสูงที่สุด รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 2 ที่มีต้นทุนในการผลิตต่ำแต่ให้กำไรเป็นที่น่าพอใจ และชุดการทดลองที่ 1 ที่มีอัตราการลงทุนที่สูง ผลผลิตที่ได้สูง แต่เมื่อคิดกำไรแล้วกลับพบว่ามีค่าน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า อาหารที่ใช้ในการเลี้ยงในแต่ละชุดการทดลองมีส่วนที่ทำให้ต้นทุนในการเลี้ยงกบนาสูงตามไปด้วย สำหรับพื้นที่ที่ห่างไกลหรืออยู่ในชนบท อาหารสูตรที่ 2 น่าจะเป็นทางเลือกที่ดี เนื่องจากประหยัดและให้ผลตอบแทนดี นอกจากนี้ รัตน์ (2551) ยังกล่าวว่าการเลี้ยงกบนาในบ่อเลี้ยงที่เป็นบ่อดินที่ทำจากไม้ไผ่ เป็นการเลี้ยงกบนาที่ประหยัดต้นทุนในการเลี้ยงได้เป็นอย่างดี และทำให้กบนาที่เลี้ยงมีลักษณะใกล้เคียงกับกบนาที่มีอยู่ตามธรรมชาติมาก เป็นที่นิยมรับประทาน

รสชาติใกล้เคียงกับกบนาที่มีอยู่ตามธรรมชาติมากที่สุด และสามารถนำไปจำหน่ายจะได้ราคาดีกว่ากบที่เลี้ยงด้วยบ่อซีเมนต์

ยงยุทธ และ พิสมัย (2548) ศึกษาการใช้โปรตีนข้าวโพดทดแทนปลาป่นในอาหารกบ โดยจัดทำสูตรอาหารเลี้ยงกบนาในกระชังด้วยการใช้โปรตีนข้าวโพดทดแทนปลาป่นในอัตรา 0, 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งหมด 7 สูตร คือ สูตรที่ 1 โปรตีนข้าวโพด 0 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 2 โปรตีนข้าวโพด 20 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 3 โปรตีนข้าวโพดที่ผ่านการหมัก 20 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 4 โปรตีนข้าวโพดที่ผ่านการนึ่ง 20 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 5 โปรตีนข้าวโพด 40 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 6 โปรตีนข้าวโพดที่ผ่านการหมัก 40 เปอร์เซ็นต์ และสูตรที่ 7 โปรตีนข้าวโพดที่ผ่านการนึ่ง 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในแต่ละสูตรจะให้ระดับโปรตีน 37เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 450 กิโลแคลอรีต่อ100 กรัม จากการทดลองพบว่า กบนาที่เลี้ยงด้วยอาหารซึ่งใช้โปรตีนข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการหมักในอัตรา 20 เปอร์เซ็นต์ของอาหาร จะมีการเจริญเติบโตดี และเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการเลี้ยงกบนาด้วยการใช้อาหารที่ทำมาจากปลาป่นสามารถประหยัดต้นทุนได้ถึง 20-25 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นทุนการเลี้ยงอยู่ที่ประมาณ 33-34 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่การเลี้ยงโดยให้อาหารที่ทำมาจากปลาป่นจะมีต้นทุนอยู่ที่ 38-39 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นการใช้โปรตีนข้าวโพดทดแทนปลาป่นในอาหารสำหรับใช้เลี้ยงกบนา น่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้แก่เกษตรกร ได้เป็นแนวทางในการประหยัดต้นทุนการเลี้ยง เนื่องจากสัดส่วนต้นทุนการเลี้ยงกบส่วนใหญ่กว่า 40-50 เปอร์เซ็นต์ เป็นค่าอาหาร แต่สูตรอาหารดังกล่าวนั้นเหมาะสำหรับเกษตรกรที่มีการผสมสูตรอาหารเพื่อใช้เลี้ยงกบเอง

สุจิตรา (2554) ได้ทดลองเลี้ยงกบนาร่วมกับปลาดุกบิ๊กอุยในกระชัง ระยะเวลา 4 เดือน โดยเลี้ยงกบนาด้วยอัตราความหนาแน่น 50, 100, 150 และ 200 ตัวต่อตารางเมตรร่วมกับปลาดุกบิ๊กอุยอัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ เลี้ยงในกระชังขนาด 1x1.2x1.5 เมตรเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า การเลี้ยงกบนาร่วมกับปลาดุกบิ๊กอุยไม่มีอิทธิพลร่วมต่อการเจริญเติบโต แต่ในด้านต้นทุนการผลิต รายได้ กำไรสุทธิ และผลตอบแทนต่อการลงทุน พบว่า การเลี้ยงกบนาด้วยความหนาแน่น 100 ตัวต่อตารางเมตร ร่วมกับปลาดุกบิ๊กอุย 100 ตัวต่อตารางเมตร มีต้นทุนการผลิต 41.59 บาทต่อกิโลกรัม รายได้ทั้งหมด 3,628.59 บาท รายได้สุทธิ 1,074.02 บาท กำไรสุทธิ 1,015.38 บาท และผลตอบแทนต่อการลงทุน 41.10 เปอร์เซ็นต์ ดีกว่าทุกชุดการทดลอง ดังนั้นเมื่อพิจารณาอัตราการเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิต พบว่า อัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงกบนาร่วมกับปลาดุกบิ๊กอุย คือ กบนา 100 ตัวต่อตารางเมตร และปลาดุกบิ๊กอุย 100 ตัวต่อตารางเมตร เนื่องจากเป็นอัตราความหนาแน่นที่กบนา และปลาดุกบิ๊กอุยมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี และมีผลทำให้ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมต่ำสุด มีรายได้ กำไรสุทธิ และผลตอบแทนต่อการลงทุนสูงกว่าอัตราความหนาแน่นอื่น ๆ

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

อุปกรณ์และสารเคมี

การเลี้ยง

- พันธุ์กบนา (*Rana rugolosa*, Wiegmann)
- บ่อซีเมนต์กลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร พื้นที่ 0.5 ตร.ม จำนวน 12 บ่อ
- ยางรถยนต์เรียงซ้อนกัน 3 เส้น (การเลี้ยงแบบคอนโด) พื้นที่ 2.8 ตร.ม
- บ่อดินล้อมรอบด้วยผ้ากระชังโอลอนสีฟ้า (เลี้ยงกบในคอก) พื้นที่ 9.7 ตร.ม
- แคร่ไม้ไผ่ ขนาด 20x60 เซนติเมตร จำนวน 12 อัน
- ตาข่ายพรางแสงสีดำ จำนวน 12 ชิ้น
- ถาดให้อาหาร

การวัดการเติบโต

- กะละมัง
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (And HL-1000 WP)

การวัดดัชนีความสมบูรณ์เพศ

- ชุดเครื่องมือผ่าตัด
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius BP 210 S)
- สำลี
- จานแก้ว

การประเมินภูมิคุ้มกัน

- หลอดฉีดยา และเข็ม
- ชุดเครื่องมือผ่าตัด
- กล้องจุลทรรศน์ (Olympus CX21)
- เครื่องปั่นเหวี่ยง (Kubota 5100)
- ไมโครปิเปต

- ตะแกรงลวด
- สไลด์ และแผ่นปิดสไลด์
- น้ำกลั่น
- น้ำยาย้อมสี Wright instant stain set
- สารละลาย RPMI 1640 (Sigma)
- สารละลาย Phosphate buffer saline
- Ficoll paque
- Pen/Strep Solution 10X (Invitromex)
- Autoclave (Becthai hirayama)
- Conical tube
- Haemacytometer
- Pipet tips
- Plate
- *Aeromonas hydrophila*
- *Saccaromyces cerevisae*

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

- กระดาษกรอง (Whatman No.1)
- กระบอกฉีดน้ำ
- กระบอกตวง
- ขวดก้นแบน
- ขวดรูปชมพู่
- คีม
- เครื่องทำความร้อน (Gerhardt)
- เครื่องกลั่น (Gerhardt)
- เครื่องปั่นเหวี่ยง (Kubota 5100)
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius BP 210 S)
- จานอลูมิเนียม
- ตู้ควัน (Super flow fume cupboard)
- ตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส

- เตาเผา (Carbolite CWF 1200)
- เตาอบแห้ง (WTB Binder)
- ถ้วยกระเบื้อง
- ถ้วยกรองแก้ว
- โถอบแห้ง
- แท่งแก้วคนสาร
- บีกเกอร์
- ปีเปต
- ลูกแก้ว
- สำลี
- หลอดทดลอง
- Hot plate
- Crucible
- Sonicator
- Soxhlet apparatus
- Kjeldahl flask
- Water bath
- Spectrophotometer
- Thimble
- น้ำกลั่น
- สารละลาย H_2SO_4 เข้มข้น
- สารละลาย H_2SO_4 1.25 เปอร์เซ็นต์
- สารละลาย KOH 60 เปอร์เซ็นต์
- สารละลาย NaCl 9 เปอร์เซ็นต์
- สารละลาย NaOH 45 เปอร์เซ็นต์
- สารละลาย NaOH 1.25 เปอร์เซ็นต์
- สารละลาย Na_2HPO_4 10 มิลลิโมลาร์
- แอลกอฮอล์
- Diethyl ether
- Ethanol 90 เปอร์เซ็นต์

- Hexane
- Sodium azide

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม ต่อการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และคุณภาพเนื้อของกบนา

วิธีการวิจัย

ศึกษาการนำสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียมมาใช้เป็นส่วนผสมในวัตถุดิบเพื่อผลิตอาหารกบ โดยจะสามารถช่วยในการเติบโต มีการพัฒนาของระบบสืบพันธุ์ กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และคุณภาพเนื้อกบให้ดีขึ้นได้ ดังนี้

1. การเตรียมอุปกรณ์

จัดเตรียมบ่อซีเมนต์กลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร พื้นที่ 0.5 ตร.ม จำนวน 12 บ่อ พื้นที่ก้นบ่อใช้ไม่ไผ่ทำเป็นแคร่ ขนาด (กว้างxยาว) 20x60 เซนติเมตร เพื่อให้เกิดส่วนนูนในบ่อและกบได้ขึ้นไปอยู่อาศัย โดยภายในบ่อทดลองเติมน้ำสูง 5-7 เซนติเมตร ส่วนด้านบนปากบ่อใช้ตาข่ายพรางแสงประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ เพื่อป้องกันไม่ให้กบกระโดดออกจากบ่อ ตลอดการทดลอง

2. การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำกบจากฟาร์มเลี้ยงใน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ น้ำหนักเฉลี่ย 21.37±0.97 กรัมต่อตัว มาพักเพื่อให้ปรับสภาพในบ่อทดลองเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ด้วยความหนาแน่น 60 ตัวต่อตร.ม ปรับสภาพกบให้คุ้นเคยกับอาหารที่ใช้ทดลอง โดยให้กบกินอาหารผสมชุดควบคุม (ไม่ผสมสาหร่ายและกระเทียม) โดยมีปริมาณโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ วันละ 2 ครั้ง คือเวลา 09.00 น. และ 17.00 น. จนกบทดลองคุ้นเคยและยอมรับอาหารแล้ว สุ่มนับ และชั่งน้ำหนักกบเริ่มต้นการทดลอง จากนั้นนำกบลงบ่อทดลองตามอัตราที่กำหนด

3. การจัดการด้านอาหาร

อาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารเม็ดจมที่ผลิตขึ้นเอง ระดับโปรตีนประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ โดยควบคุมให้มีระดับพลังงานในอาหารทดลองใกล้เคียงกันทุกสูตร (สัดส่วนของอาหารผสมแสดงในตารางที่ 4) ให้อาหาร 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน วันละ 2 ครั้ง คือเวลา 09.00 น. และ 17.00 น. โดยทำการปรับปริมาณอาหารที่ให้ทุกๆ 30 วัน ในแต่ละบ่อของแต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง 120 วัน ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลอง ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า เยื่อใย และ

พลังงาน ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต คำนวณจาก 100-(โปรตีน+ไขมัน+ความชื้น+เถ้า+เยื่อใย) ตามวิธีของ AOAC (1970) (ตาราง 4)

ตาราง 4 ส่วนประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลอง (โดยน้ำหนักแห้ง)

ชุดการทดลอง	อาหารชุดควบคุม	อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า	อาหารผสมสาหร่ายไก	อาหารผสมกระเทียม
ส่วนประกอบอาหาร (เปอร์เซ็นต์)				
ปลาป่น	23	18	23	23
กากถั่วเหลือง	23	23	23	23
ปลายข้าว	27	23	23	23
รำละเอียด	27	32	28	28
สาหร่ายสไปรูลิน่า	-	5	-	-
สาหร่ายไก	-	-	5	-
กระเทียม	-	-	-	5
ผลการวิเคราะห์ (น้ำหนักแห้ง; เปอร์เซ็นต์)				
ความชื้น	8.3	9.6	7.9	8.3
โปรตีน	29.6	29.5	29.8	29.2
ไขมัน	8.9	8.5	8.9	8.0
เถ้า	10.6	9.0	10.3	8.4
คาร์โบไฮเดรต	16.3	16.3	15.3	17.9
เยื่อใย	27.7	27.0	34.3	26.4
คาโรทีนอยด์รวม (μg/g)	35.5	44.5	46.5	22.0
พลังงาน (Kcal/Kg.)	2,843.5	2,727.5	2,738.9	2,757.6

4. การวางแผนการทดลอง

ศึกษาผลของอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า (*S. platensis*) สาหร่ายไก (*Cladophora* sp.) และกระเทียม ต่อการเติบโต อัตราการรอด การปรับปรุงคุณภาพเนื้อ ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาว โดยเลี้ยงกบด้วยอาหารผสมที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 10 เปอร์เซ็นต์ โดยควบคุมให้มีระดับพลังงานในอาหารทดลองใกล้เคียงกันทุกสูตร วางแผนการ

ทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design : CRD) ใช้บ่อซีเมนต์กลมในการทดลองทั้งหมด 12 บ่อ แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงกบด้วยอาหารไม่ผสมสาหร่ายและกระเทียม (อาหารควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงกบด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า 5 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงกบด้วยอาหารผสมสาหร่ายไก 5 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 4 เลี้ยงกบด้วยอาหารผสมกระเทียม 5 เปอร์เซ็นต์

ทดลองเลี้ยงเป็นเวลา 120 วัน โดยสุ่มเก็บข้อมูลน้ำหนัก และคำนวณอัตราการรอดของกบทดลองทุก ๆ 1 เดือน จำนวน 20 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละกระชังของแต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยงดให้อาหาร 1 วัน ก่อนการชั่งวัด ปรับปริมาณอาหารที่ให้ทุก 30 วัน

5. การเก็บข้อมูล

สุ่มกบจากแต่ละบ่อทดลอง จำนวนบ่อละ 20 เปอร์เซ็นต์ มาทำการเก็บข้อมูลโดยการชั่งน้ำหนักและบันทึกผลทุก 30 วัน ตั้งแต่ก่อนปล่อยกบลงบ่อทดลองจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง โดยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง นับจำนวนกบที่เหลือรอดตายแต่ละบ่อทดลอง เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการทดลอง โดยในช่วงการเลี้ยงไม่มีการคัดขนาดของกบ ดังนี้

1. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (Mean weight gain; กรัมต่อตัว)

MWG = น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักเมื่อเริ่มต้นการทดลอง

2. อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average daily growth; กรัมต่อตัวต่อวัน)

ADG = (น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักเมื่อเริ่มทดลอง) / จำนวนวันที่ทำการทดลอง

3. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

SGR = [(ln น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – ln น้ำหนักเมื่อเริ่มทดลอง) / จำนวนวันที่ทำการทดลอง] x 100

4. ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein Efficiency Ratio; หน่วย)

PER = น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น / ปริมาณโปรตีนของอาหาร

5. อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Rate; หน่วย)

FCR = น้ำหนักอาหารที่ให้ / น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

6. อัตราการรอดตาย (Survival Rate: เปอร์เซ็นต์) = (จำนวนที่เหลือ / จำนวนเริ่มต้น) x 100

7. การประเมินค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ (Gonado somatic index: เปอร์เซ็นต์)

GSI = (น้ำหนักของรังไข่ หรืออัณฑะ / น้ำหนักตัวกบ) x 100

8. การประเมินคุณภาพเนื้อและหนังกบ โดยนำเนื้อและหนังกบมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ (AOAC, 1970) และ Total carotenoid (KMUTT, 2001)

9. การประเมินระบบภูมิคุ้มกัน ด้วยวิธีการประเมินค่าความสามารถในการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาว (Phagocytic activity: เปอร์เซ็นต์)

สุ่มตัวอย่างกบทดลองมา 10 เปอร์เซ็นต์ ทำการสลบโดยใช้น้ำมันกานพลูเข้มข้น ชุบสำสีพอหมาดใส่ถุงพลาสติกพร้อมกับกบตัวอย่างแล้วปิดปากถุงให้สนิท เมื่อกบสลบแล้วจึงนำมาเจาะเลือดและผ่าเอาไตของกบเพื่อนำมาแยกเอาเม็ดเลือดขาว และทำการประเมินระบบภูมิคุ้มกัน ดังนี้

1) การแยกเซลล์เม็ดเลือดขาวจากไต (ดัดแปลงจาก ชฎาธาร, 2550; กัญช์, 2553; เยาวนิตย์ และคณะ, 2543)

ตัดไตของกบนามาเกลี่ยผ่านตะแกรงลวดลงในจานแก้วที่มีอาหาร (RPMI1640) อยู่ 3 มิลลิลิตร ดูดส่วนใสจากจานแก้วผ่านผ้ากรองขนาดตา 100 ไมครอน ลงในหลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร ปริมาณ 15 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารแยกเม็ดเลือดขาว Ficoll Paqua 3 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร อีกหลอดแล้วดูดส่วนที่ได้จากการกรอง 3 มิลลิลิตร เติมลงในหลอดทดลองที่มีสารแยกเม็ดเลือดขาว จากนั้นนำไปปั่นตกตะกอนที่ความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วแยกเม็ดเลือดขาวที่มีลักษณะสีขาวขุ่น อยู่ตรงกลางออกมาใส่ในหลอดทดลองอีกหลอด เติม RPMI1640 3 มิลลิลิตร นำไปปั่นตกตะกอนที่ความเร็ว 1,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วดูดส่วนใสด้านบนทิ้ง ทำซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อล้างเซลล์ นับจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวด้วย Haemacytometer แล้วปรับความเข้มข้นเซลล์ให้ได้ 4×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

2) การเตรียมยีสต์ (ดัดแปลงจาก กัญช์, 2553)

ละลายผงยีสต์ (*Saccaromyces cerevisae*) ในน้ำกลั่นแล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) เพื่อใช้แทนสิ่งแปลกปลอมให้เซลล์เม็ดเลือดขาวจับกิน และปรับความเข้มข้นเซลล์ให้ได้ $2x10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร

3) การจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาว; Phagocytic activity (ดัดแปลงจาก ชฎาธาร, 2550; กัญช์, 2553; เยาวนิตย์ และคณะ, 2543)

นำเม็ดเลือดขาวความเข้มข้น $4x10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ผสมกับยีสต์ความเข้มข้น 2×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ในอัตราส่วน 2 ต่อ 3 ในหลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าที่ 50 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้เกิดกระบวนการการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเม็ดเลือดขาว ดูดส่วนผสมดังกล่าว 200 ไมโคลิตร หยดลงบนสไลด์บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 45 นาที เทของเหลวที่อยู่บนสไลด์ออกแล้วล้างด้วย RPMI 1640 จำนวน 2 ครั้ง เพื่อล้างเซลล์ที่ไม่ติดสไลด์ออก จากนั้นย้อมเซลล์ด้วยวิธี diff quick ด้วยชุดน้ำยา Wright instant attain set จากนั้นนำสไลด์ไป

ล้างน้ำกลั่นรอให้แห้งจากนั้นนับจำนวนเม็ดเลือดขาวทั้งที่จับกินยีสต์ และไม่กินยีสต์จำนวนเซลล์ 200 เซลล์ เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การจับกินสิ่งแปลกปลอมของเม็ดเลือดขาว คือ

Phagocytic activity (เปอร์เซ็นต์) = (จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวที่กินเซลล์ยีสต์ / จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวทั้งหมดที่นับ) x 100

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลอง จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของหน่วยการทดลองโดยวิธี Duncan-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.05$

เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 ซึ่งจะคัดเลือกสูตรอาหารที่เหมาะสมที่สุดต่อการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และการปรับปรุงคุณภาพเนื้อของกบนา มาใช้ศึกษาในการทดลองที่ 2 ต่อไป

การทดลองที่ 2 ศึกษาการเลี้ยงกบนาด้วยรูปแบบที่แตกต่างกัน ต่อการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และต้นทุนผลตอบแทนในการผลิตกบนา

วิธีการวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ในสูตรอาหารที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 มาใช้ในการเลี้ยงกบด้วยรูปแบบที่แตกต่างกันต่อการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และต้นทุนผลตอบแทนในการผลิตกบนา ดังนี้

1. การเตรียมอุปกรณ์

จัดเตรียมอุปกรณ์ในการศึกษารูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกบนาที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 เลี้ยงกบนาในบ่อซีเมนต์กลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร พื้นที่ 0.5 ตร.ม พื้นก้นบ่อใช้ไม้ไผ่ทำเป็นแคร่ขนาด (กxย) 20x60 เซนติเมตร เพื่อให้เกิดส่วนนูนในบ่อและกบได้ขึ้นไปอยู่อาศัย โดยภายในบ่อจะเติมน้ำสูง 5-7 เซนติเมตร ส่วนด้านบนปากบ่อใช้ตาข่ายพรางแสงประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ เพื่อป้องกันไม่ให้กบกระโดดออกจากบ่อทดลอง รูปแบบที่ 2 เลี้ยงกบนาแบบคอนโด โดยเลี้ยงภายในยางรถยนต์ พื้นที่ 2.8 ตร.ม จำนวน 3 เส้น มาเรียงซ้อนทับกัน โดยใช้ยางรถยนต์เส้นที่ 1 จะนำทรายหยาบมาอัดบริเวณหน้ายางด้านล่างให้แน่นแล้วนำผ้าไนลอนมาคลุมกองทรายและปิดทับไว้ด้วยยางรถยนต์เส้นที่ 2 และ 3 เรียงเป็นแนวตั้ง เติมน้ำให้เต็ม

แก้มยางทุกเส้น ด้านบนสุดจะปิดด้วยตาข่ายพรางแสงประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ และใช้ยางในของยางรถจักรยานยนต์รัดขอบตาข่ายพรางแสงเข้ากับยางรถยนต์ให้แน่น เพื่อป้องกันไม่ให้กบกระโดดออกจากคอนโด ส่วนรูปแบบที่ 3 เลี้ยงกบในคอก พื้นที่ 9.7 ตร.ม โดยใช้ตาข่ายไนลอนขึงล้อมรอบบ่อ ส่วนด้านล่างจะฝังตาข่ายลงใต้ดินลึก 20 เซนติเมตร ทำแอ่งน้ำภายในคอกจำนวน 1 บ่อ ขนาด 1x1.2 เมตร และเติมน้ำให้เต็ม และรูปแบบที่ 4 เลี้ยงกบในกระชัง พื้นที่ 1 ตร.ม โดยภายในกระชังจะใช้แผ่นโฟมขนาด (กว้างxยาว) 20x40 เซนติเมตร หุ้มด้วยพลาสติกสีดำลอยไว้ในกระชัง เพื่อเป็นที่ให้อาหารและกบได้ขึ้นมาพักอาศัย

2. การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำกบจากฟาร์มเลี้ยงใน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ น้ำหนักเฉลี่ย 11.56 กรัมต่อตัว มาพักเพื่อให้ปรับสภาพในบ่อทดลองเป็นเวลา 7 วัน ด้วยความหนาแน่น 80 ตัวต่อตร.ม ปรับสภาพกบทดลองให้ยอมรับอาหารที่คัดเลือกจากการทดลองที่ 1 โดยให้อาหารวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 09.00 น. และ 17.00 น. เมื่อกบทดลองคุ้นเคยกับบ่อทดลองและยอมรับอาหารแล้ว จึงทำการสุ่มนับและชั่งน้ำหนักกบเริ่มต้นการทดลอง จากนั้นนำกบลงบ่อทดลองตามอัตราความหนาแน่นที่กำหนด

3. การจัดการด้านอาหาร

อาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า 5 เปอร์เซ็นต์ แบบเม็ดจมที่ผลิตขึ้นเอง ซึ่งได้จากการคัดเลือกสูตรอาหารที่เหมาะสมที่สุดในการทดลองที่ 1 มาศึกษาต่อ โดยให้อาหาร 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัวต่อวัน วันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 09.00 น. และ 17.00 น. ทำการปรับปริมาณอาหารที่ให้ทุกๆ 30 วัน ในแต่ละบ่อทดลองของแต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลา 120 วัน

4. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design: CRD) แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ คือ

ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงกบในบ่อปูนซีเมนต์กลม พื้นที่ 0.5 ตร.ม

ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงกบในคอนโด (ยางรถยนต์เรียงซ้อนกัน 3 เส้น) พื้นที่ 2.8 ตร.ม

ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงกบในคอก (บ่อดินล้อมด้วยกระชังโอลอนสีฟ้า) พื้นที่ 9.7 ตร.ม

ชุดการทดลองที่ 4 เลี้ยงกบในกระชัง พื้นที่ 1 ตร.ม

โดยทั้ง 4 ชุดการทดลอง จะถูกจัดให้มีสภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน ทดลองเป็นเวลา 120 วัน โดยสุ่มเก็บข้อมูลน้ำหนัก และอัตราการรอดตายของกบทดลองทุก ๆ 30 วัน ในแต่ละบ่อของแต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยงดให้อาหาร 1 วัน ก่อนการชั่งวัด

5. การเก็บข้อมูล

โดยสุ่มกบจากบ่อทดลองจำนวนบ่อละ 20 เปอร์เซ็นต์ มาทำการเก็บข้อมูลโดยการชั่งน้ำหนักและบันทึกผลทุก ๆ 30 วัน ตั้งแต่ก่อนปล่อยกบทดลองจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง โดยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง นับจำนวนกบที่เหลือรอดตายในแต่ละบ่อทดลองเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยในช่วงการเลี้ยงจะไม่มีการคัดขนาดของกบ ดังนี้

1. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (Mean weight gain; กรัมต่อตัว)

MWG = น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - น้ำหนักเมื่อเริ่มต้นการทดลอง

2. อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average daily growth; กรัมต่อตัวต่อวัน)

ADG=(น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง–น้ำหนักเมื่อเริ่มทดลอง)/จำนวนวันที่ทำการทดลอง

3. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

SGR = [(In น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – In น้ำหนักเมื่อเริ่มทดลอง) / จำนวนวันที่ทำการทดลอง]x100

4. อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Rate; หน่วย)

FCR = น้ำหนักอาหารที่ให้ / น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

5. อัตราการรอดตาย (Survival Rate: เปอร์เซ็นต์) = (จำนวนที่เหลือ / จำนวนเริ่มต้น) x 100

6. การประเมินค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ (Gonado somatic index: เปอร์เซ็นต์)

GSI = (น้ำหนักของรังไข่หรืออัณฑะ / น้ำหนักตัวกบ) x 100

7. การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต

นำต้นทุนในการศึกษารูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกบนาที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ มาวิเคราะห์ตามวิธีของ สมศักดิ์ (2530) และ Kay (1986) ดังนี้

ต้นทุนการผลิตกบนาต่อตัว = ต้นทุนทั้งหมด / จำนวนกบนาที่ได้ทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ต้นทุนทั้งหมด = ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนผันแปร

ต้นทุนผันแปร = ค่าพันธุ์กบนา+ค่าอาหาร+ค่าแรง+ไฟฟ้า+ค่าเสียโอกาสในการลงทุน

ค่าเสียโอกาสในการลงทุน = ค่าคำนวณจากอัตราดอกเบี้ยของเงินฝากประจำ 12 เดือน ร้อยละ 2.50 บาท ของต้นทุนทุกประเภท (อ้างอิงจากธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ปี พ.ศ. 2554)

ค่าเสื่อมราคา = คิดโดยวิธีเส้นตรงโดยกำหนดมูลค่าซากเป็นศูนย์เมื่อหมดอายุการใช้งาน

รายได้ทั้งหมด = จำนวนผลผลิต (กิโลกรัม) x ราคาผลผลิตที่จำหน่ายได้ (บาท)

รายได้สุทธิ = รายได้ทั้งหมด – ต้นทุนผันแปร

กำไรสุทธิ = รายได้ทั้งหมด – ต้นทุนทั้งหมด

ผลตอบแทนต่อการลงทุน (เปอร์เซ็นต์) = (รายได้สุทธิ / ต้นทุนทั้งหมด) x 100

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลอง จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองโดยวิธี Duncan-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.05$

บทที่ 4
ผลการศึกษา

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม ต่อการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และคุณภาพเนื้อของกบนา

การทดลองใช้อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียมมาให้กบนากิน เพื่อศึกษาการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และคุณภาพเนื้อของเนื้อกบนา ระยะเวลาการทดลอง 120 วัน ณ ฐานการเรียนรู้สาหร่ายและแพลงก์ตอน คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ โดยได้ผลการทดลองดังนี้

การเติบโต (Growth)

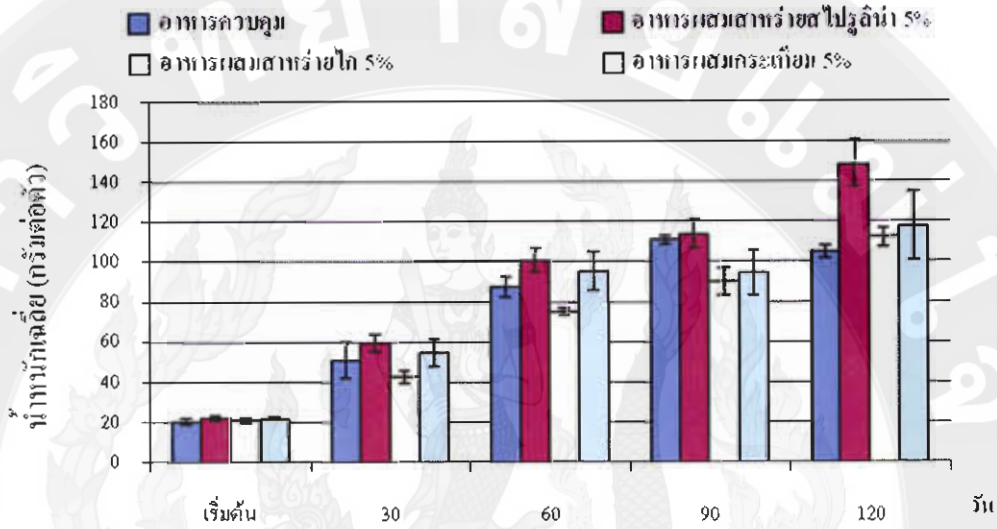
น้ำหนักเฉลี่ย (Average weight; กรัมต่อตัว)

น้ำหนักเฉลี่ยของกบนาเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เลี้ยง และเริ่มมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตั้งแต่วันที่ 30 ของการเลี้ยงจนสิ้นสุดการทดลอง โดยกบนาที่ได้รับอาหารผสมสไปรูลิน่า มีค่าเท่ากับ 59.39±4.46 กรัมต่อตัว ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก มีค่าเท่ากับ 42.67±3.14 กรัมต่อตัว และมีแนวโน้มที่สูงกว่ากบนาที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม และอาหารชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 54.63±6.85 และ 51.15±8.92 กรัมต่อตัว ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 8 และตารางผนวก 1)

วันที่ 60 ของการเลี้ยงกบนาทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่ได้รับอาหารผสมสไปรูลิน่า มีค่าเท่ากับ 100.82±5.96 กรัมต่อตัว ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกบนาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม และอาหารผสมสาหร่ายไก มีค่าเท่ากับ 87.59±5.07 และ 75.11±1.63 กรัมต่อตัว ตามลำดับ และมีแนวโน้มที่สูงกว่ากบนาที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม มีค่าเท่ากับ 95.15±9.67 กรัมต่อตัว แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 8 และตารางผนวก 1)

วันที่ 90 ของการเลี้ยงกบนาทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่ได้รับอาหารผสมสไปรูลิน่า และอาหารชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 113.87±7.24 และ 111.00±2.30 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกบนาที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม และอาหารผสมสาหร่ายไก มีค่าเท่ากับ 94.59±11.18 และ 89.99±6.92 กรัมต่อตัว ตามลำดับ (ภาพ 8 และตารางผนวก 1)

วันที่ 120 ของการเลี้ยงกบนาทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่ได้รับอาหารผสมสไปรูลิน่า มีค่าเท่ากับ 149.00±11.79 กรัม ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกบนาที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม สาหร่ายไก และอาหารชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 117.62±16.90, 112.07±4.92 และ 104.94±3.14 กรัมต่อตัว ตามลำดับ (ภาพ 8 และตารางผนวก 1)



ภาพ 8 น้ำหนักเฉลี่ยของกบที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (Mean weight gain; กรัมต่อตัว)

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของกบนาตลอดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า มีค่าเท่ากับ 126.84±11.51 กรัมต่อตัว สูงกว่ากบนาที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม สาหร่ายไก และชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 95.62±17.40, 91.24±5.32 และ 84.44±4.04 กรัมต่อตัว ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาพ 9 และตารางผนวก 2)

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average daily growth; กรัมต่อตัวต่อวัน)

อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของกบนาตลอดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า มีค่าเท่ากับ 1.06±0.10 กรัมต่อตัวต่อวัน สูงกว่ากบนาที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม สาหร่ายไก และชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 0.80±0.14, 0.76±0.04 และ 0.70±0.03 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาพ 10 และตารางผนวก 2)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของกบนาตลอดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า มีค่าเท่ากับ 1.59±0.08 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน สูงกว่ากบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก กระเทียม และชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 1.40±0.04, 1.39±0.15 และ 1.36±0.03 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาพ 10 และตารางผนวก 2)

ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein efficiency ratio; หน่วย)

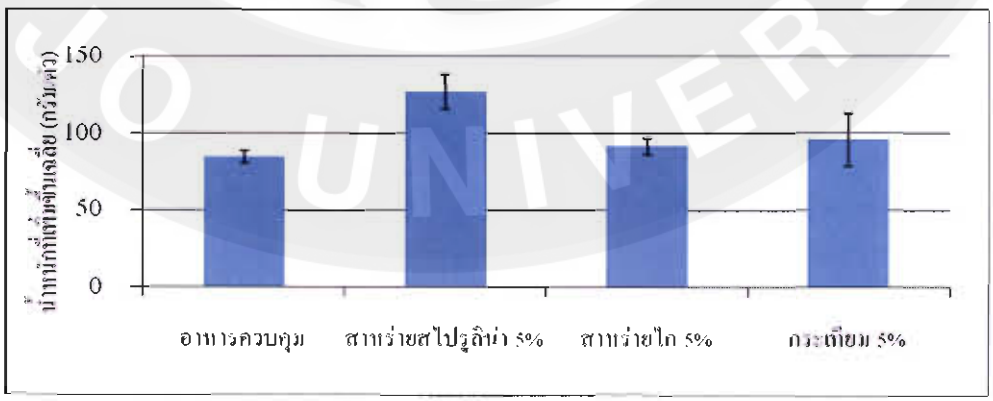
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของกบนาตลอดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า มีค่าเท่ากับ 4.08±0.32 สูงกว่ากบนาที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม สาหร่ายไก และชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 3.09±0.55, 2.88±0.16 และ 2.71±0.12 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาพ 10 และตารางผนวก 2)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio; หน่วย)

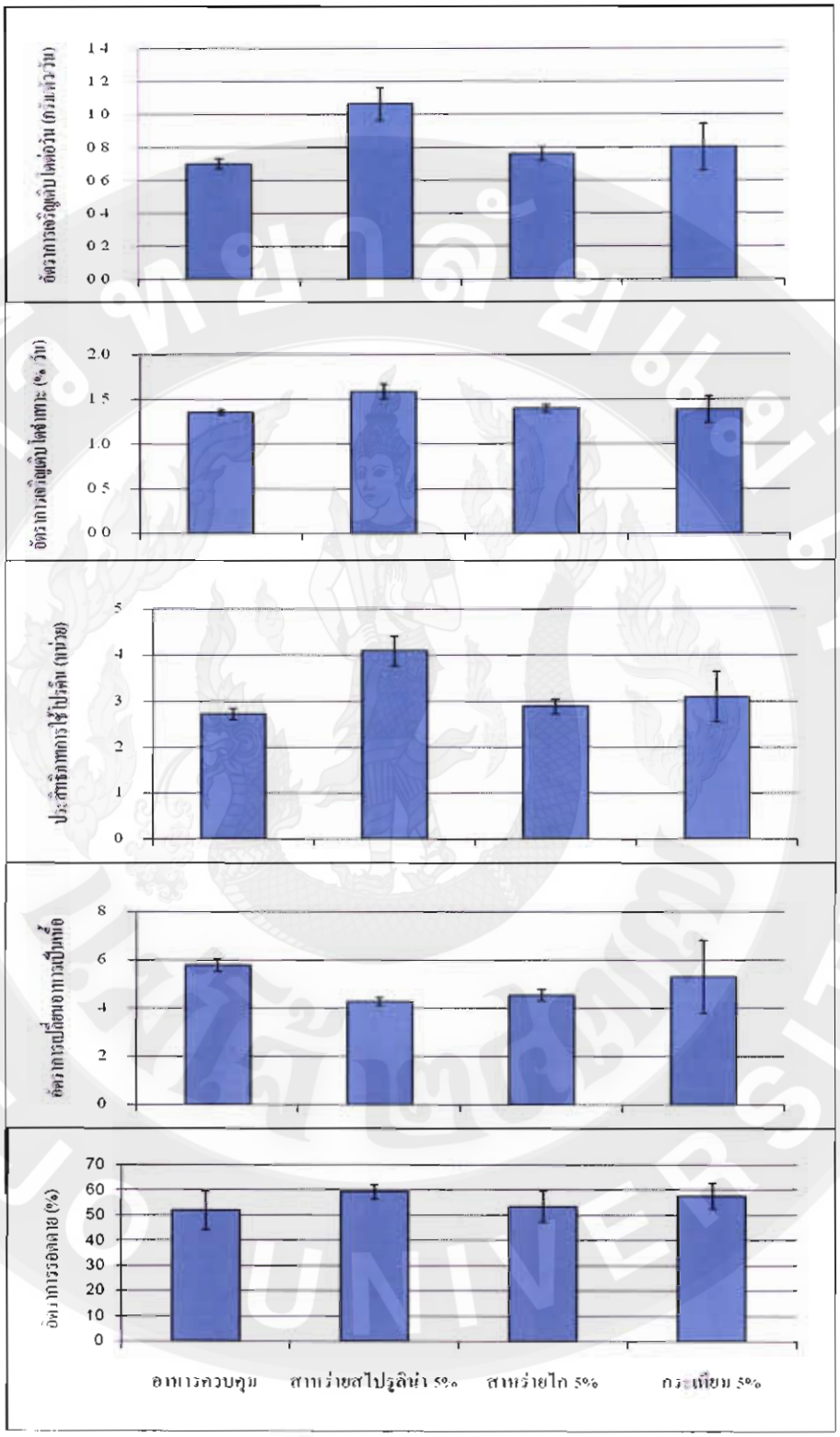
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกบนาตลอดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า มีค่าเท่ากับ 4.27±0.16 ซึ่งมีแนวโน้มที่ดีกว่ากบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก กระเทียม และชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 4.54±0.24, 5.31±1.51 และ 5.79±0.26 ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 10 และตารางผนวก 2)

อัตราการรอดตาย (Survival rate; เปอร์เซ็นต์)

อัตราการรอดตายของกบนาตลอดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า มีค่าเท่ากับ 59.19±2.89 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีแนวโน้มที่สูงกว่ากบนาที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม สาหร่ายไก และชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 57.50±5.00, 53.33±6.29 และ 51.67±7.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 10 และตารางผนวก 2)



ภาพ 9 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของกบที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน



ภาพ 10 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตายของกบที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน

ดัชนีความสมบูรณ์เพศ (Gonadosomatic index)

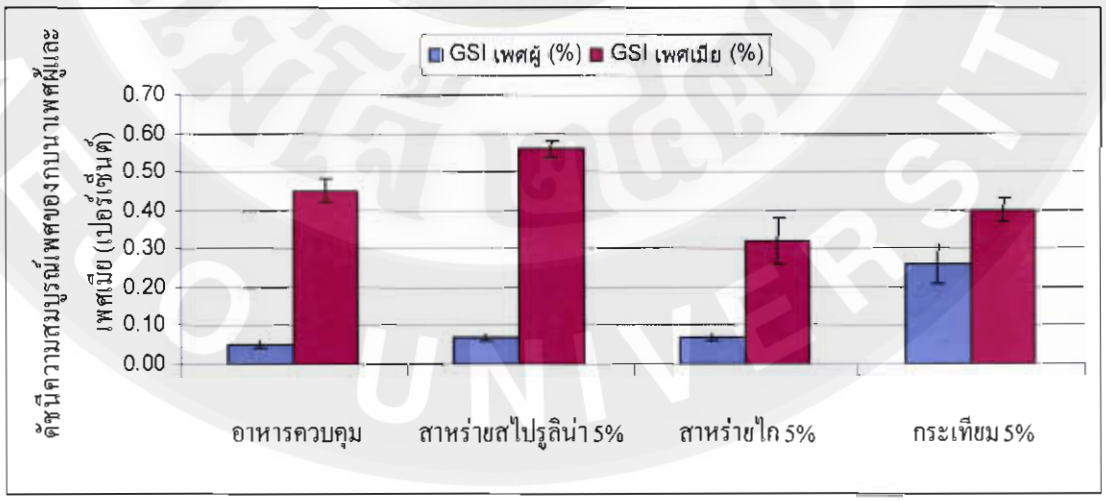
การศึกษาดัชนีความสมบูรณ์เพศของกบนาเพศผู้และเพศเมีย ที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน ดังนี้

ดัชนีความสมบูรณ์เพศของกบนาเพศผู้ (เปอร์เซ็นต์)

ดัชนีความสมบูรณ์เพศเฉลี่ยของกบนาเพศผู้ตลอดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.26±0.05 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และชุดควบคุม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.07±0.01, 0.07±0.01 และ 0.05±0.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภาพ 11 และตารางผนวก 3

ดัชนีความสมบูรณ์เพศของกบนาเพศเมีย (เปอร์เซ็นต์)

ดัชนีความสมบูรณ์เพศเฉลี่ยของกบนาเพศเมียตลอดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.56±0.02 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากบนาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม และอาหารผสมกระเทียม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.45±0.03 และ 0.40±0.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ชุดควบคุมมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับอาหารผสมกระเทียม แต่มีค่าสูงกว่ากบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.32±0.06 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภาพ 11 และตารางผนวก 3



ภาพ 11 ดัชนีความสมบูรณ์เพศของกบนาเพศผู้และเพศเมียที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน

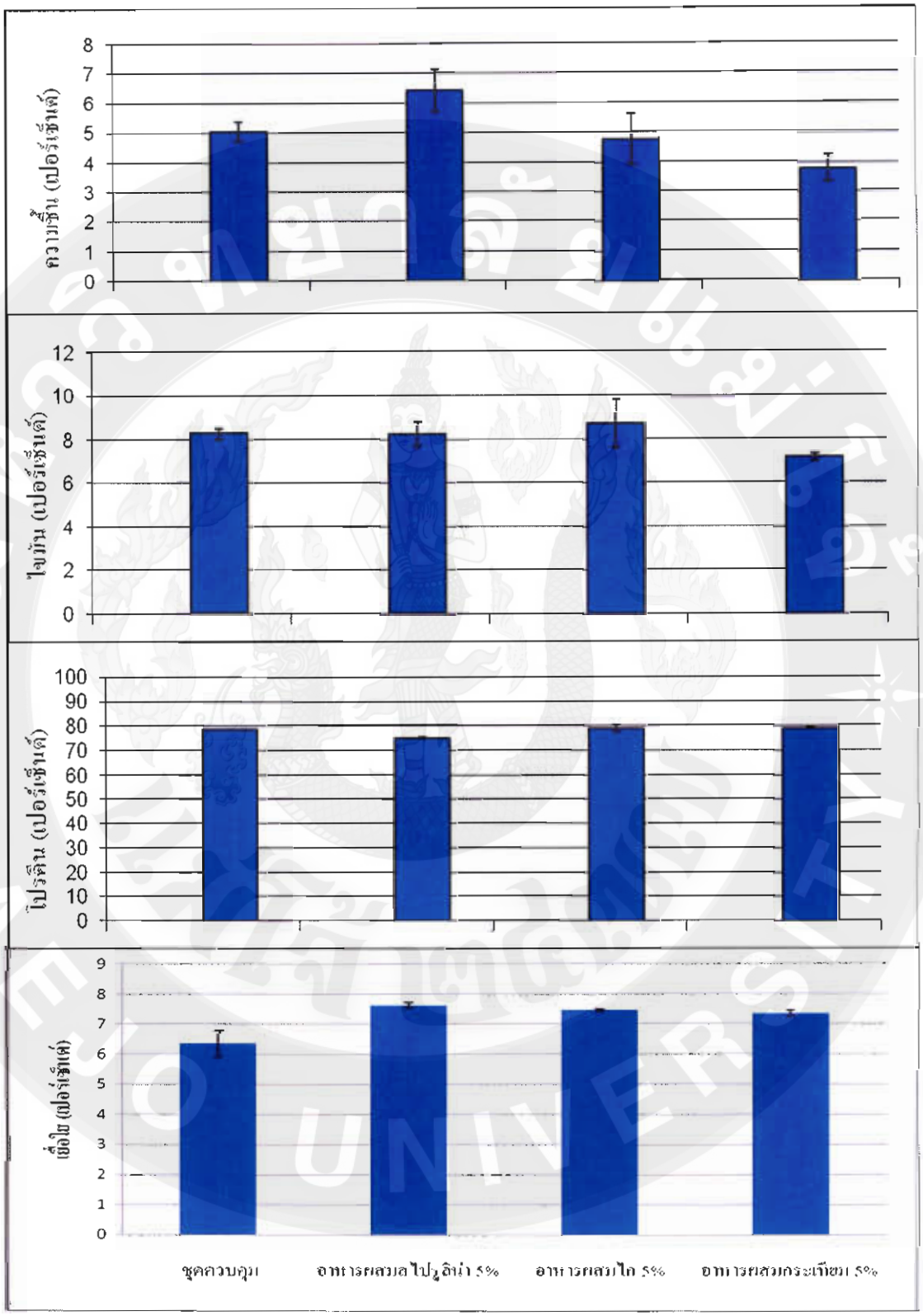
คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อและหนังกบนา

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อและหนังกบนา ที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน ดังนี้

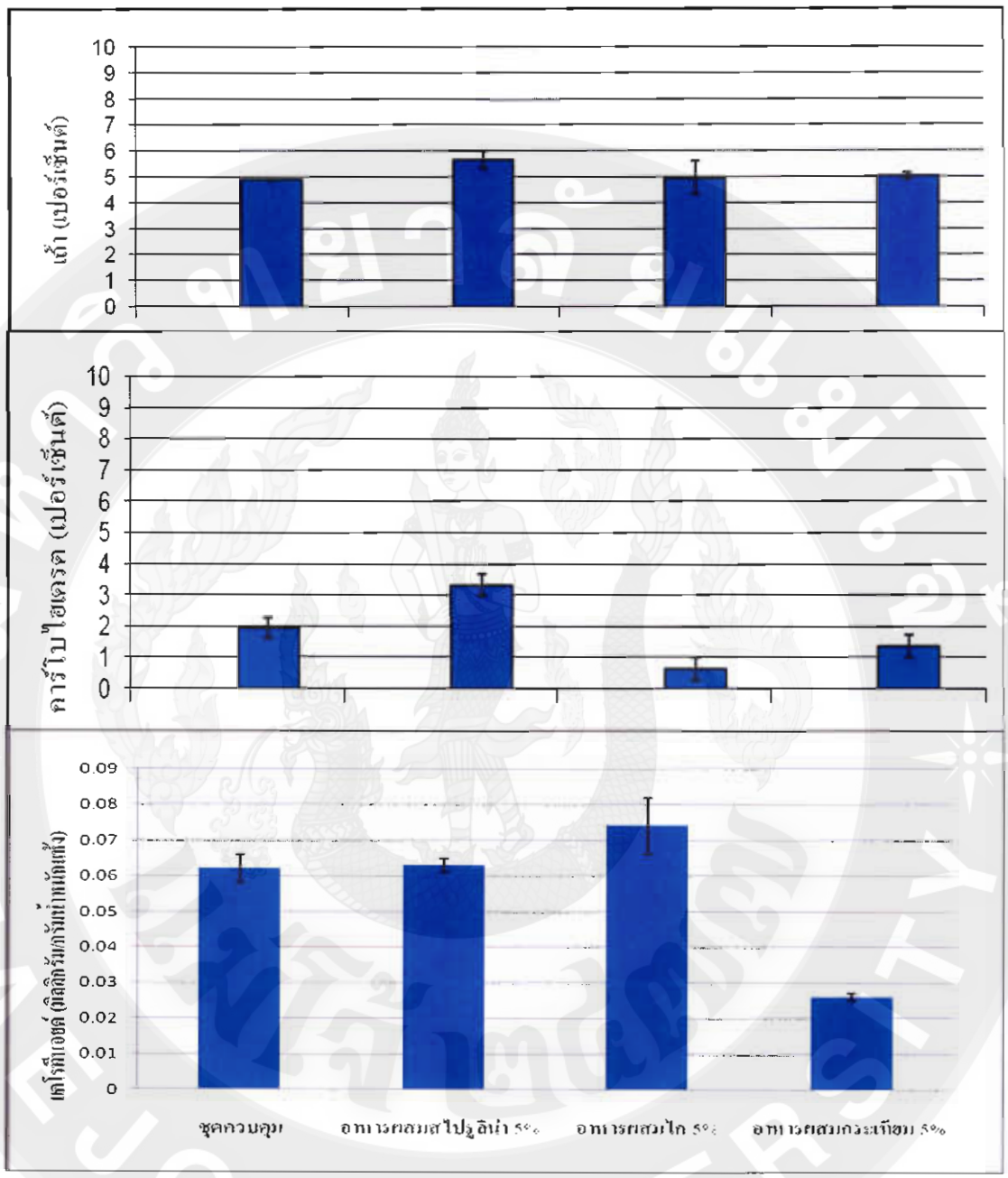
คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อกบนา

คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อกบนาตลอดการทดลอง ทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า เนื้อกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่ามีค่าความชื้นเท่ากับ 6.41±0.70 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าเนื้อกบนาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม อาหารผสมสาหร่ายไก และอาหารผสมกระเทียม มีค่าเท่ากับ 5.03±0.33, 4.77±0.82 และ 3.78±0.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เถ้า พบว่า เนื้อกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า อาหารผสมกระเทียม และอาหารผสมสาหร่ายไก มีค่าเท่ากับ 5.67±0.34, 5.04±0.12 และ 4.96±0.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่าเนื้อกบนาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 4.88±0.03 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ไขมัน พบว่า เนื้อกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก อาหารชุดควบคุม และอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า มีค่าเท่ากับ 8.72±1.09, 8.27±0.24 และ 8.22±0.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่าอาหารผสมกระเทียม มีค่าเท่ากับ 7.16±0.16 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โปรตีน พบว่า เนื้อกบนาที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม อาหารผสมสาหร่ายไก และอาหารชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 79.09±0.29, 78.95±1.19 และ 78.55±0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่าเนื้อกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า มีค่าเท่ากับ 75.15±0.27 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

เยื่อใย พบว่า เนื้อกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า อาหารผสมสาหร่ายไกและกระเทียม มีค่าเท่ากับ 7.62±0.09, 7.46±0.04 และ 7.34±0.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่าเนื้อกบนาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 6.35±0.43 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) คาร์โบไฮเดรต พบว่า เนื้อกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า มีค่าเท่ากับ 3.34±0.86 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าเนื้อกบนาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม อาหารผสมกระเทียม และอาหารผสมสาหร่ายไก มีค่าเท่ากับ 1.95±0.33, 1.37±0.37 และ 0.64±0.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และแคโรทีนอยด์รวมในเนื้อกบนา พบว่า เนื้อกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก มีค่าเท่ากับ 0.074±0.008 มิลลิกรัมต่อกรัม สูงกว่าเนื้อกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า อาหารชุดควบคุม และอาหารผสมกระเทียม มีค่าเท่ากับ 0.063±0.002, 0.062±0.004 และ 0.026±0.01 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังแสดงในภาพ 12, 13 และตารางผนวก 4



ภาพ 12 ค่าความชื้น ไขมัน โปรตีน และเยื่อใยของเนื้อกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน

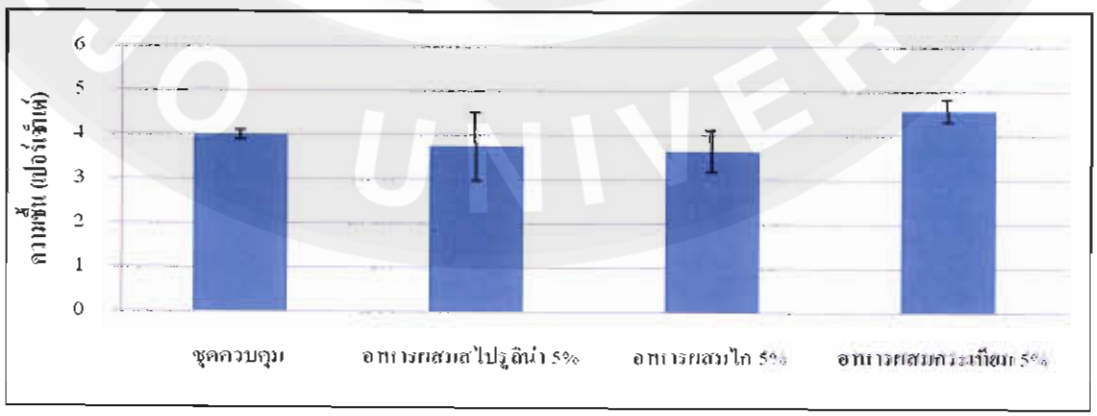


ภาพ 13 เถ้า คาร์โบไฮเดรต และแคโรทีนอยด์ของเนื้อกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน

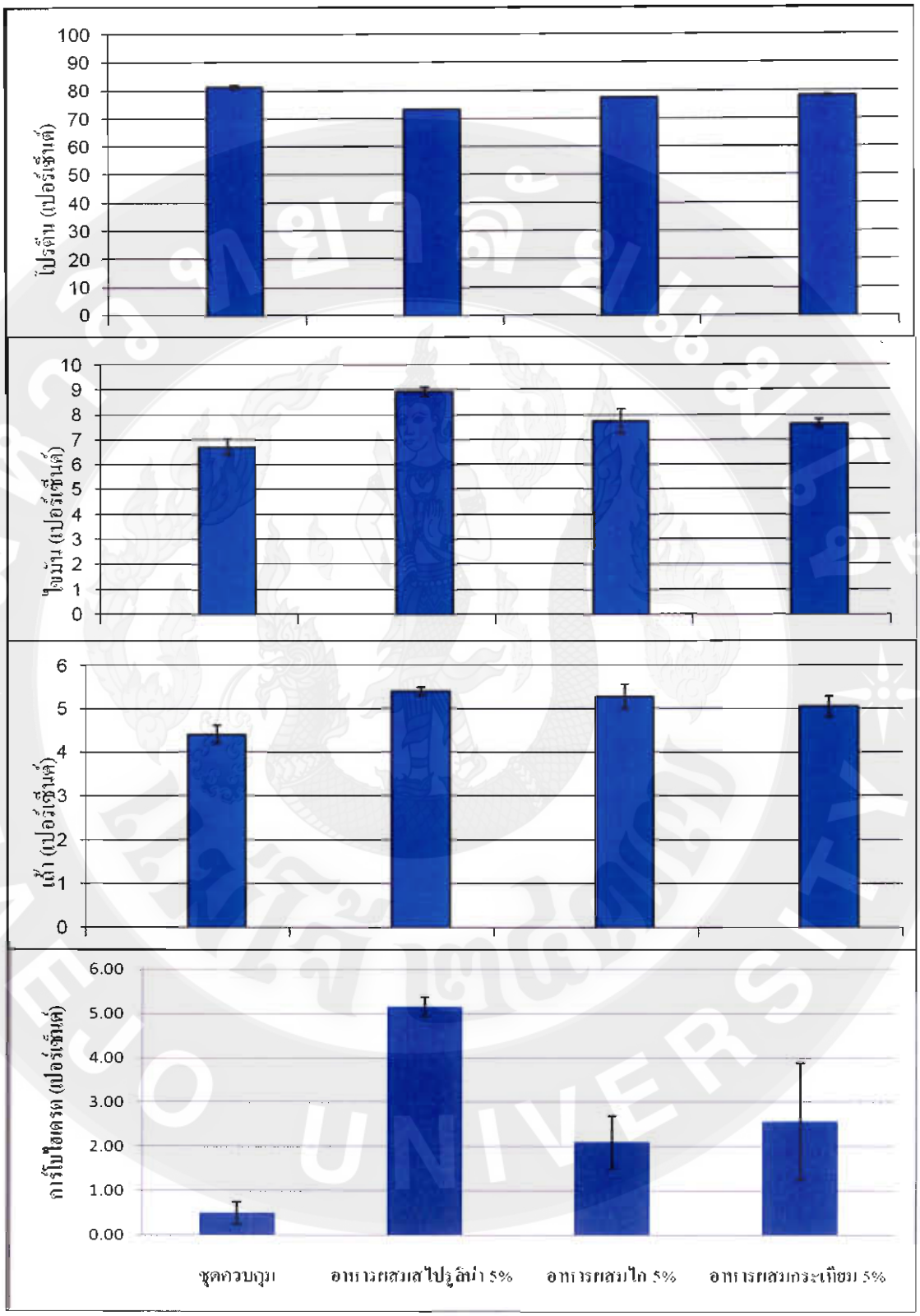
คุณค่าทางโภชนาการของหนังกบนา

คุณค่าทางโภชนาการของหนังกบนาตลอดการทดลอง ทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า หนังกบนาที่ได้รับอาหารผสมกระเทียมมีค่าความชื้นเท่ากับ 4.57±0.26 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าหนังกบนาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า และอาหารผสมสาหร่ายไก มีค่าเท่ากับ

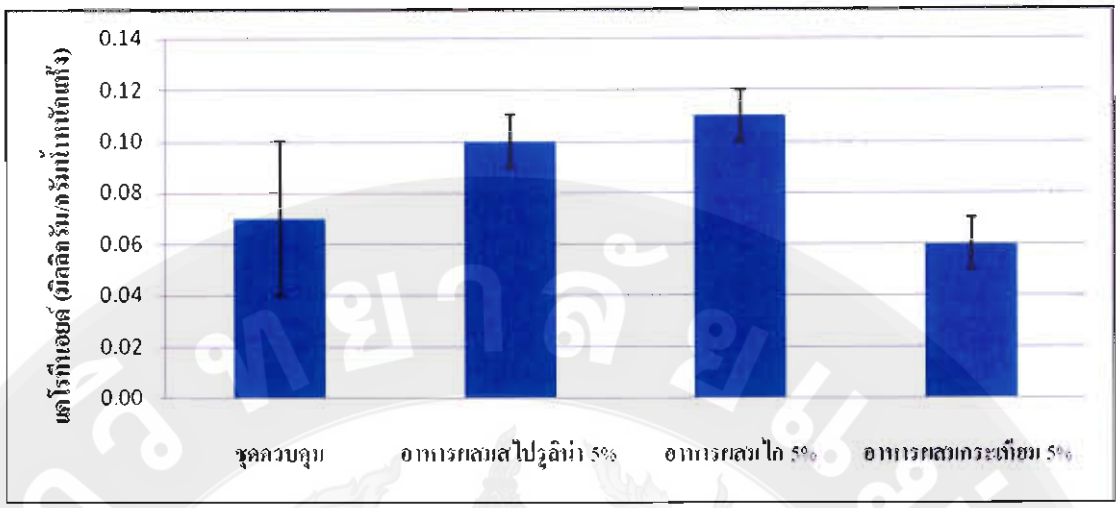
3.99±0.10, 3.75±0.77 และ 3.65±0.47 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เถ้า พบว่า หนังกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า อาหารผสมสาหร่ายไก และอาหารผสมกระเทียม มีค่าเท่ากับ 5.39±0.11, 5.27±0.29 และ 5.04±0.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่าหนังกบนาที่ได้รับอาหารชุดควบควบคุม มีค่าเท่ากับ 4.40±0.20 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ไขมัน พบว่า หนังกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า มีค่าเท่ากับ 8.91±0.20 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าหนังกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก อาหารผสมกระเทียม และอาหารชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 7.75±0.48, 7.64±0.17 และ 6.69±0.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โปรตีน พบว่า หนังกบนาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 81.35±0.63 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าหนังกบนาที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม อาหารผสมสาหร่ายไก และอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า มีค่าเท่ากับ 78.11±0.29, 77.52±0.01 และ 73.29±0.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เยื่อใย พบว่า หนังกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก มีค่าเท่ากับ 7.36±0.17 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าหนังกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า อาหารชุดควบคุม และอาหารผสมกระเทียม มีค่าเท่ากับ 7.26±0.29, 7.07±0.05 และ 6.65±1.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ คาร์โบไฮเดรต พบว่า หนังกบนาที่ได้รับอาหารผสมสไปรูลิน่า มีค่าเท่ากับ 5.15±0.22 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าหนังกบนาที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม อาหารผสมสาหร่ายไก และอาหารชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 2.56±1.33, 2.10±0.60 และ 0.49±0.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และแคโรทีนอยด์รวมในหนังกบนา พบว่า หนังกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก และสาหร่ายสไปรูลิน่า มีค่าเท่ากับ 0.11±0.01 และ 0.10±0.01 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สูงกว่าหนังกบนาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม และอาหารผสมกระเทียม มีค่าเท่ากับ 0.07±0.03 และ 0.06±0.01 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังแสดงในภาพ 14, 15, 16 และและตารางผนวก 5



ภาพ 14 ค่าความชื้นของหนังกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน



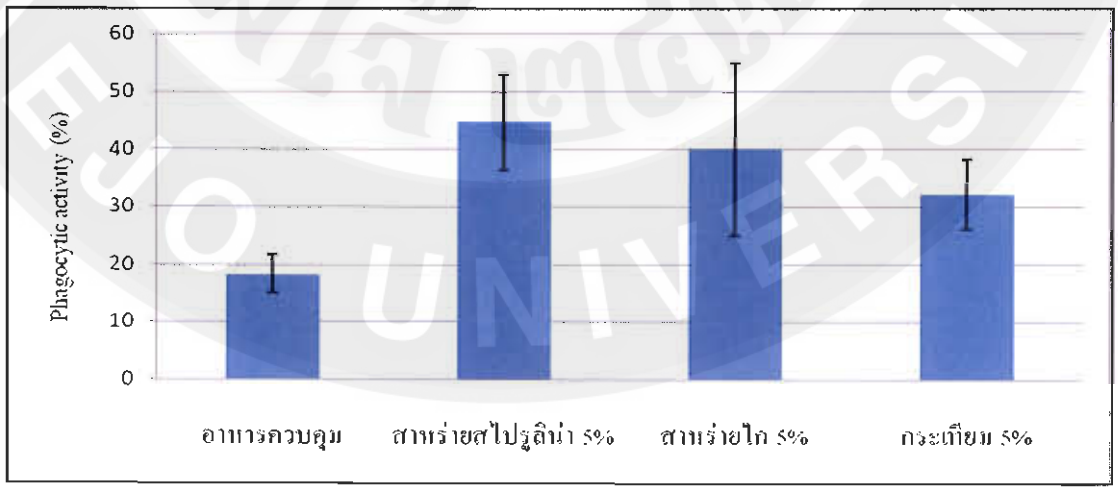
ภาพ 15 โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ของเนื้อกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน



ภาพ 16 แคโรทีนอยด์ของหนังกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน

การจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาว (Phagocytic activity; เปอร์เซ็นต์)

การจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวเฉลี่ยตลอดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า และอาหารผสมสาหร่ายไก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 44.59±8.28 และ 39.96±14.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่ากบนาที่ได้รับที่ได้รับอาหารชุดควบคุม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.28±3.28 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกบนาที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.13±6.16 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 17 และตารางผนวก 6)



ภาพ 17 การจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวของกบที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน

การทดลองที่ 2 ศึกษาการเลี้ยงกบนาด้วยรูปแบบที่แตกต่างกัน ต่อการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และต้นทุนผลตอบแทนในการผลิตกบนา

การทดลองเลี้ยงกบนาในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เพื่อศึกษาการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และต้นทุนผลตอบแทนในการผลิตกบนา ระยะเวลาการทดลอง 120 วัน ณ ฐานการเรียนรู้สาหร่ายและแพลงก์ตอน คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ โดยได้ผลการทดลอง ดังนี้

การเติบโต (Growth)

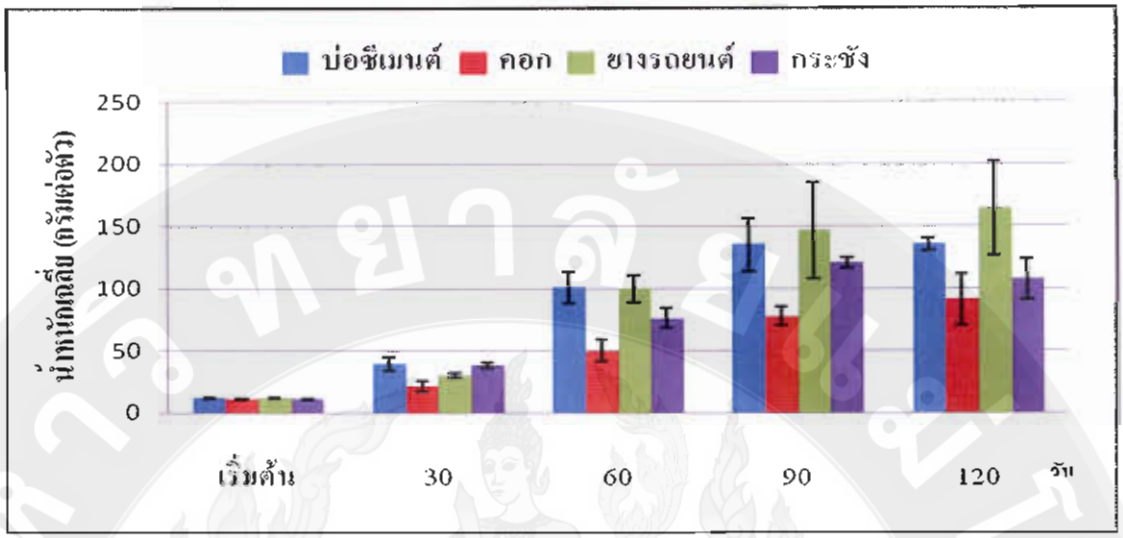
น้ำหนักเฉลี่ย (Average weight; กรัมต่อตัว)

น้ำหนักเฉลี่ยของกบนาเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เลี้ยง และเริ่มมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตั้งแต่วันที่ 30 ของการเลี้ยงจนสิ้นสุดการทดลอง โดยกบที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์และในกระชัง มีค่าเท่ากับ 39.26±5.67 และ 37.91±2.50 กรัมต่อตัว ตามลำดับ สูงกว่ากบนาที่เลี้ยงในยางรถยนต์ และคอก มีค่าเท่ากับ 30.00±2.00 และ 21.33±4.04 กรัมต่อตัว ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาพ 18 และตารางผนวก 7)

ในวันที่ 60 ของการเลี้ยงกบนาทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ และยางรถยนต์ มีค่าเท่ากับ 100.54±12.55 และ 99.41±10.89 กรัมต่อตัว ตามลำดับ สูงกว่ากบนาที่เลี้ยงในกระชัง และคอก มีค่าเท่ากับ 75.81±7.93 และ 49.89±9.09 กรัมต่อตัว ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาพ 18 และตารางผนวก 7)

ในวันที่ 90 ของการเลี้ยงกบนาทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่เลี้ยงในยางรถยนต์ บ่อซีเมนต์ และกระชัง มีค่าเท่ากับ 146.52±38.66, 134.92±21.47 และ 120.55±4.19 กรัมต่อตัว ตามลำดับ สูงกว่ากบนาที่เลี้ยงในคอก มีค่าเท่ากับ 77.65±7.59 กรัมต่อตัว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาพ 18 และตารางผนวก 7)

ในวันที่ 120 ของการเลี้ยงกบนาทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่เลี้ยงในยางรถยนต์ มีค่าเท่ากับ 164.34±37.90 กรัมต่อตัว สูงกว่ากบนาที่เลี้ยงในกระชัง และในคอก มีค่าเท่ากับ 107.26±16.46 และ 90.96±20.64 กรัมต่อตัว ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกบนาที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ มีค่าเท่ากับ 135.45±5.06 กรัมต่อตัว (ภาพ 18 และตารางผนวก 7)



ภาพ 18 น้ำหนักเฉลี่ยของกบที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (Mean weight gain; กรัมต่อตัว)

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของกบนาตลอดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่เลี้ยงในยางรถยนต์ มีค่าเท่ากับ 152.45±38.62 กรัมต่อตัว สูงกว่ากบนาที่เลี้ยงในกระชัง และคอก มีค่าเท่ากับ 96.14±16.26 และ 80.05±20.64 กรัมต่อตัว ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกบนาที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ มีค่าเท่ากับ 123.56±5.01 กรัมต่อตัว (ภาพ 19 และตารางผนวก 8)

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average daily growth; กรัมต่อตัวต่อวัน)

อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของกบนาตลอดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่เลี้ยงในยางรถยนต์ มีค่าเท่ากับ 1.27±0.32 กรัมต่อตัวต่อวัน สูงกว่ากบนาที่เลี้ยงในกระชังและคอก มีค่าเท่ากับ 0.80±0.14 และ 0.67±0.17 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกบนาที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ มีค่าเท่ากับ 1.03±0.04 กรัมต่อตัวต่อวัน (ภาพ 19 และตารางผนวก 8)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

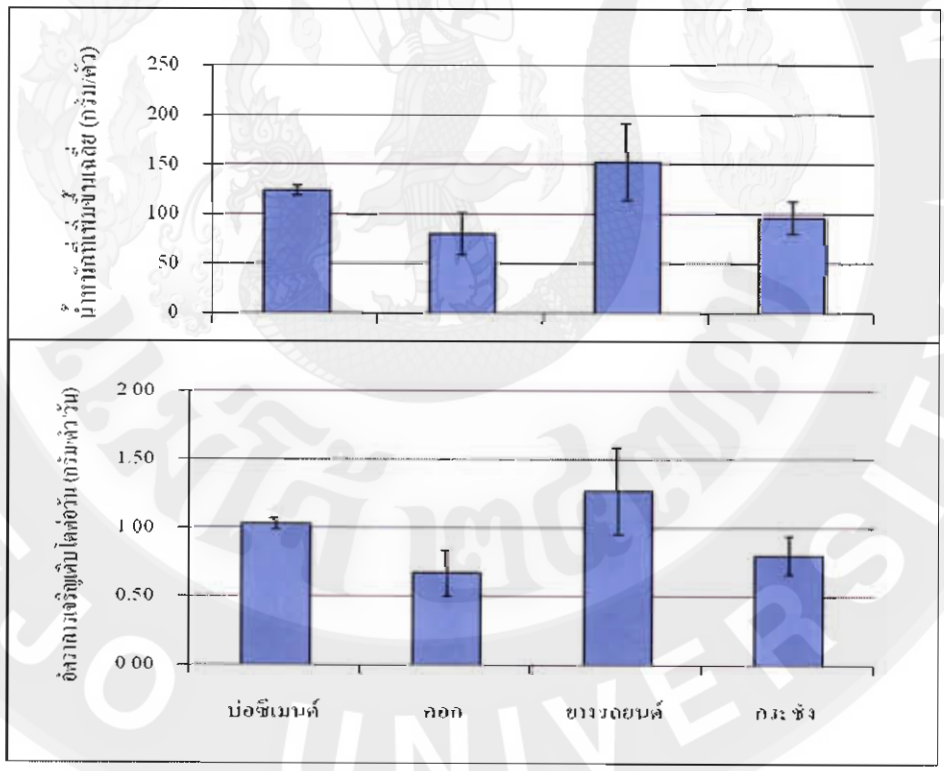
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของกบนาตลอดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่เลี้ยงในยางรถยนต์ มีค่าเท่ากับ 2.18±0.24 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน สูงกว่ากบนาที่เลี้ยงในคอก มีค่าเท่ากับ 1.75±0.20 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกบนาที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ และกระชัง มีค่าเท่ากับ 2.03±0.03 และ 1.88±0.12 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ (ภาพ 20 และตารางผนวก 8)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio; หน่วย)

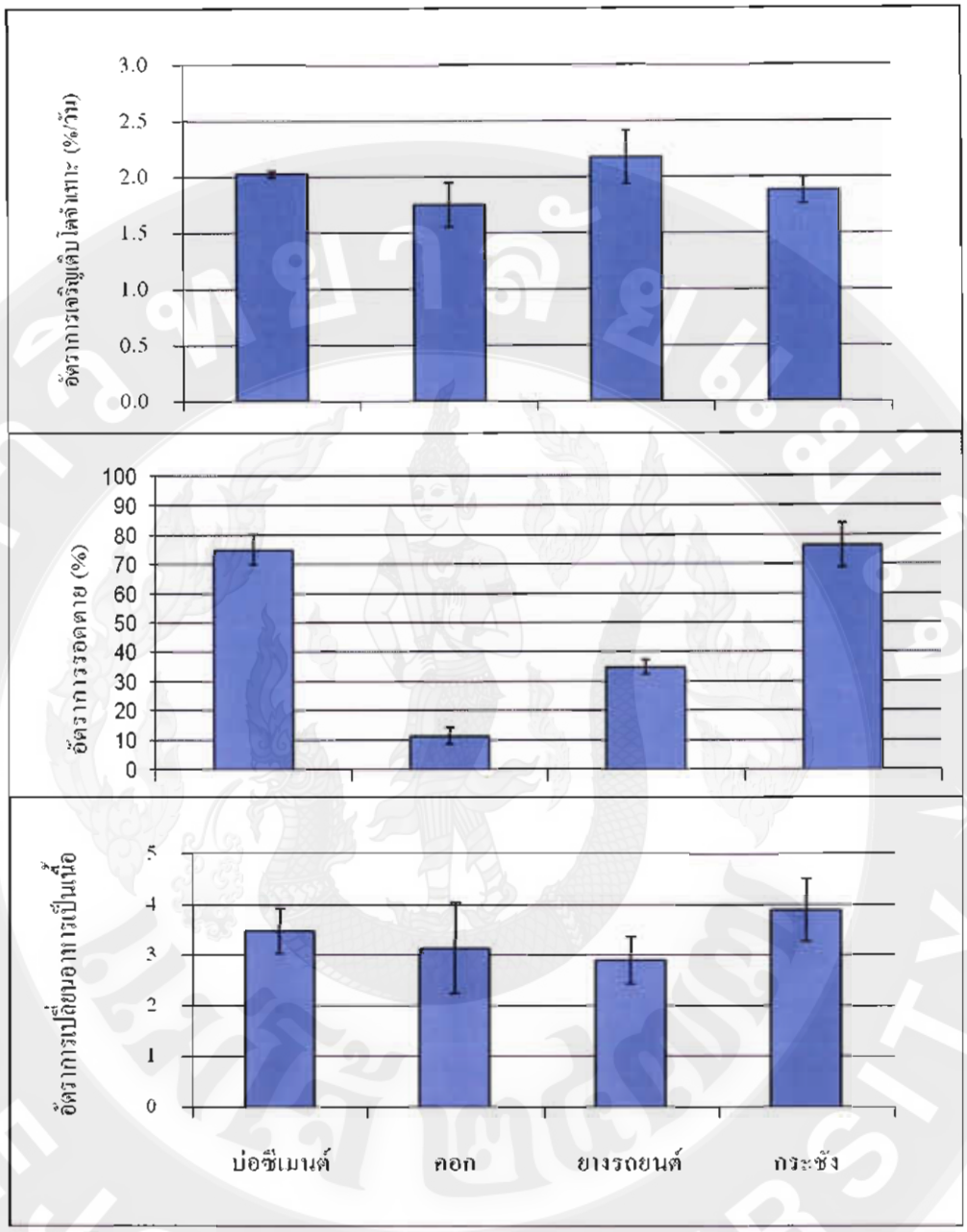
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกบนาตลอดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่เลี้ยงในยางรถยนต์ มีค่าเท่ากับ 2.90±0.47 ดีกว่ากบนาที่เลี้ยงในคอก บ่อซีเมนต์ และกระชัง มีค่าเท่ากับ 3.15±0.91, 3.48±0.45 และ 3.90±0.62 ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 20 และตารางผนวก 8)

อัตราการรอดตาย (Survival rate; เปอร์เซ็นต์)

อัตราการรอดตายของกบนาตลอดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่เลี้ยงในกระชัง และบ่อซีเมนต์ มีค่าเท่ากับ 76.25±7.50 และ 75.00±5.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่ากบนาที่เลี้ยงในยางรถยนต์ และเลี้ยงในคอก มีค่าเท่ากับ 34.87±2.35 และ 11.37±2.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาพ 20 และตารางผนวก 8)



ภาพ 19 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย และอัตราการเจริญเติบโตต่อวันของกบที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน



ภาพ 20 อัตราการเจริญเติบ โตจำเพาะ อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกบที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน

ดัชนีความสมบูรณ์เพศ (Gonadosomatic index)

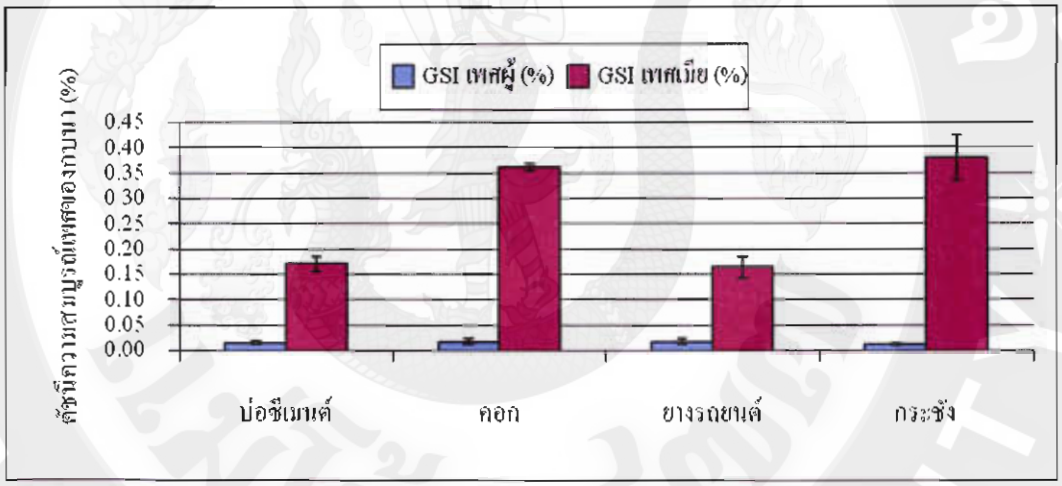
การศึกษาดัชนีความสมบูรณ์เพศของกบนาทั้งเพศผู้และเพศเมีย ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน ดังนี้

ดัชนีความสมบูรณ์เพศของกบนาเพศผู้ (เปอร์เซ็นต์)

ดัชนีความสมบูรณ์เพศเฉลี่ยของกบนาเพศผู้ตลอดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่เลี้ยงในยางรถยนต์ มีค่าเท่ากับ 0.019±0.005 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีแนวโน้มที่สูงกว่ากบนาที่เลี้ยงในคอก บ่อซีเมนต์ และกระชัง มีค่าเท่ากับ 0.018±0.004, 0.016±0.003 และ 0.012±0.002 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 21 และตารางผนวก 9)

ดัชนีความสมบูรณ์เพศของกบนาเพศเมีย (เปอร์เซ็นต์)

ดัชนีความสมบูรณ์เพศเฉลี่ยของกบนาเพศเมียตลอดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า กบนาที่เลี้ยงในกระชัง และคอก มีค่าเท่ากับ 0.380±0.045 และ 0.362±0.006 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่ากบนาที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ และยางรถยนต์ มีค่าเท่ากับ 0.171±0.015 และ 0.164±0.021 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาพ 21 และตารางผนวก 9)



ภาพ 21 ดัชนีความสมบูรณ์เพศเฉลี่ยของกบนาเพศผู้และเพศเมียที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน

ต้นทุนการผลิตกบนา

การศึกษาต้นทุนในการผลิตกบนาที่เลี้ยงในรูปแบบที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ คือ เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ต้นทุนการผลิตทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1,019.98, 198.69, 149.32 และ 1,105.26 บาทต่อตารางเมตร ตามลำดับ ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมเท่ากับ 125.61, 239.38, 124.43 และ 169.00 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีต้นทุนการผลิตต่อตัวเท่ากับ 16.99, 21.73, 18.45 และ 18.11 บาทต่อตัว (ตาราง 5)

รายได้ทั้งหมด รายได้สุทธิ กำไรสุทธิ และผลตอบแทนต่อการลงทุน

กบนาที่เลี้ยงในรูปแบบที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ คือ เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีรายได้ทั้งหมดเท่ากับ 649.60, 66.40, 96.00 และ 523.20 บาทต่อตารางเมตร รายได้สุทธิมีค่าเท่ากับ 144.65, -1,817.24, -322.12 และ -559.37 บาทต่อตารางเมตร กำไรสุทธิมีค่าเท่ากับ -370.38, -132.29, -53.32 และ -582.06 บาทต่อตารางเมตร และผลตอบแทนต่อการลงทุนมีค่าเท่ากับ 14.18, -914.60, -215.72 และ -50.61 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 6)

ตาราง 5 ต้นทุนการผลิตกบนาที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน

รายละเอียดต้นทุน	ชุดทดลอง							
	บ่อซีเมนต์		คอก		ยางรถยนต์		กระชัง	
	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%
ต้นทุนผันแปร								
ค่าพันธุ์กบนา	60.00	11.76	1,170.00	60.71	97.50	23.32	120.00	10.86
ค่าอาหารกบนา	398.00	78.04	655.34	34.00	274.38	65.62	910.87	82.41
ค่าแรง	42.80	8.39	42.80	2.22	42.80	10.24	42.80	3.87
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	4.15	0.81	15.50	0.80	3.44	0.82	8.90	0.81
รวมต้นทุนผันแปร	504.95	99.01	1,883.64	97.73	418.12	100.00	1,082.57	97.95
ต้นทุนคงที่								
ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์								
- บ่อซีเมนต์	5.00	0.98	-	-	-	-	-	-
- กระชังล้อมคอก	-	-	43.30	2.25	-	-	-	-
- ยางรถยนต์	-	-	-	-	-	-	-	-
- กระชัง (ขนาด 1 ตร.ม.)	-	-	-	-	-	-	12.50	1.13
- โครงกระชัง PVC	-	-	-	-	-	-	10.00	0.90
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	0.04	0.01	0.36	0.02	-	-	0.19	0.02
รวมต้นทุนคงที่	5.04	0.99	43.66	2.27	-	-	22.69	2.05
ต้นทุนการผลิตทั้งหมด (บาทต่อบ่อ)	509.99	100	1,927.30	100	418.12	100	1,105.26	100
ต้นทุนการผลิตทั้งหมด (บาทต่อตร.ม.)	1,019.98	100	198.69	100	149.32	100	1,105.26	100

ตาราง 5 (ต่อ)

รายละเอียดต้นทุน	ชุดทดลอง			
	บ่อซีเมนต์	คอก	ยางรถยนต์	กระชัง
จำนวนกบนาเฉลี่ยที่ได้ (ตัวต่อตร.ม)	60.00	9.14	8.09	61.00
ผลผลิตกบนารวม (กิโลกรัมต่อตร.ม)	8.12	0.83	1.20	6.54
ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัม (บาทต่อกิโลกรัม)	125.61	239.38	124.43	169.00
ต้นทุนการผลิตต่อตัว (บาทต่อตัว)	16.99	21.73	18.45	18.11

หมายเหตุ : 1. ค่าพันธุ์กบนา ราคาตัวละ 1.50 บาท

2. ค่าอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า 5 เปอร์เซ็นต์ ราคากิโลกรัมละ 54.7 บาทต่อกิโลกรัม

3. ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์

- ค่าบ่อซีเมนต์กลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เมตร 1 บ่อ เป็นเงิน 150 บาท อายุการใช้งาน 10 ปี คิดเป็นค่าเสื่อมราคาปีละ 15 บาท ระยะเวลาที่ใช้บ่อซีเมนต์ 4 เดือน คิดเป็นเงิน 5 บาทต่อบ่อ

- ค่ากระชังล้อมคอก ยาว 13 เมตรต่อคอก คิดเป็น 260 บาท อายุการใช้งาน 2 ปี คิดเป็นค่าเสื่อมราคาปีละ 130 บาทต่อคอก ระยะเวลาใช้งาน 4 เดือน คิดเป็นเงิน 43.30 บาทต่อคอก

- ยางรถยนต์ (ไม่เสียค่าใช้จ่าย)

- ค่ากระชัง ขนาด 1 ตร.ม.ต่อกระชัง เป็นเงิน 75 บาท อายุการใช้งาน 2 ปี คิดเป็นค่าเสื่อมราคาปีละ 37.5 บาท ระยะเวลาที่ใช้บ่อซีเมนต์ 4 เดือน คิดเป็นเงิน 12.5 บาทต่อกระชัง

ตาราง 6 ผลผลิตรวม ราคาจำหน่าย รายได้ทั้งหมด รายได้สุทธิ กำไรสุทธิ และผลตอบแทนต่อการลงทุนของการเลี้ยงกบนาในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน

	ชุดทดลอง			
	บ่อซีเมนต์	คอก	ยางรถยนต์	กระชัง
ผลผลิตรวม (ตัวต่อตร.ม)	60.00	9.14	8.09	61.00
ผลผลิตรวม (กิโลกรัมต่อตร.ม)	8.12	0.83	1.20	6.54
ราคาจำหน่าย (บาทต่อกิโลกรัม)	80.00	80.00	80.00	80.00
รายได้ทั้งหมด (บาทต่อตร.ม)	649.60	66.40	96.00	523.20
รายได้สุทธิ (บาทต่อตร.ม)	144.65	-1,817.24	-322.12	-559.37
กำไรสุทธิ (บาทต่อตร.ม)	-370.38	-132.29	-53.32	-582.06
ผลตอบแทนต่อการลงทุน (เปอร์เซ็นต์)	14.18	-914.60	-215.72	-50.60

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองใช้อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียมมาให้กบนากิน เพื่อศึกษาการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน คุณภาพเนื้อของกบนา และต้นทุนผลตอบแทนในการผลิตกบนา เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 ซึ่งจะคัดเลือกสูตรอาหารที่เหมาะสมที่สุดต่อการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และคุณภาพเนื้อของกบนามาศึกษาในการทดลองที่ 2 ดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม ต่อการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และคุณภาพเนื้อของกบนา

การทดลองใช้อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียมมาให้กบนากิน เพื่อศึกษาการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และคุณภาพเนื้อของกบนา โดยกบนามีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 276.74±4.04 กรัมต่อตัว ระยะเวลาการทดลอง 120 วัน คือ

การเติบโต (Growth)

จากการศึกษาพบว่ากบที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่ามีค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (กรัมต่อตัว) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัมต่อตัวต่อวัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (หน่วย) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (หน่วย) ดีกว่ากบที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม อาหารผสมสาหร่ายไก และอาหารชุดควบคุม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับ Matson et al. (2010) ที่ศึกษาการเติบโต การเปลี่ยนระยะ metamorphosis และอัตราการรอดของลูกอ๊อดกบ (*Litoria moorei*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า แบ่งเป็น 4 สูตรๆ ละ 3 ซ้ำ คือ สูตรอาหารควบคุม (ไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า) สูตรอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า (Wardley Premium *Spirulina* discs) 32 เปอร์เซ็นต์โปรตีน สูตรอาหารสมสาหร่ายสไปรูลิน่า (Sera GVG-mix tropical fish food) 46.4 เปอร์เซ็นต์โปรตีน และสูตรอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า (Wardley Premium *Spirulina* discs+Sera GVG-mix tropical fish food) ให้อาหารกินจนอิ่ม เป็นเวลา 13 สัปดาห์ พบว่า ลูกอ๊อดเริ่มมีการตายตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 ของการเลี้ยงทั้ง 4 หน่วยทดลอง และพบว่าระยะ metamorphosis ของลูกอ๊อดที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2, 3 และ 4 มีค่าการ

พัฒนาไปเป็นลูกกบเร็วกว่าลูกอ๊อดที่ได้รับอาหารชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปได้ว่าอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าทั้ง 3 สูตร มีผลทำให้ลูกอ๊อดมีค่าการเติบโต อัตราการรอด และการพัฒนาของระยะ metamorphosis ได้ดีกว่าลูกอ๊อดที่ได้รับอาหารชุดควบคุม

Jongkol et al. (2009) ทดลองเลี้ยงลูกปลาดุกด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า 5 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผสมสาหร่ายไก 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ลูกปลาดุกมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และโปรตีนในเนื้อปลา ดีกว่าลูกปลาดุกที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า 3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอัตราการรอดตาย พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน มีการทดลองใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าผสมอาหารให้ปลานิลแดง พบว่า น้ำหนัก ความยาว และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าแห้ง 5–15 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ปลาที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* ที่ 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราแลกเนื้อ และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสม *S. platensis* ที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีน (92.33±0.55 เปอร์เซ็นต์) และแคโรทีนอยด์ในเนื้อ (1.72±0.44 ไมโครกรัมต่อกรัม) สูงที่สุด (Suneerat et al., 2010) รวมถึงมีการทดลองนำสาหร่ายสไปรูลิน่าผง และสาหร่ายไกผงอนุบาลปลาแฟนซีคาร์ฟ พบว่า สาหร่ายสไปรูลิน่าผงส่งผลให้ปลาแฟนซีคาร์ฟมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการรอดตาย และคาโรทีนอยด์ที่สะสมในเนื้อปลาหลังการทดลองมากกว่าอาหารผงทั่วไป และสาหร่ายไกผง (Jongkol et al. 2003; Jongkol and Penrat, 2003)

Duncan and Klesius (1996) อ้างตาม Jongkol et al. (2009) กล่าวว่าสาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นแหล่งโปรตีนที่มีศักยภาพในอาหารสัตว์น้ำ เนื่องจากมีโปรตีนสูง อีกทั้งยังประกอบด้วยวิตามินและเกลือแร่ในปริมาณสูง นอกจากนี้ผนังเซลล์ยังมีองค์ประกอบที่ง่ายต่อการย่อย เนื่องจากไม่มีเซลลูโลส สอดคล้องกับ Olvera-Novoa et al. (2004) ที่ทดลองใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองและสาหร่ายสไปรูลิน่าผงทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารที่ใช้อนุบาลลูกอ๊อดกบบลูฟร็อก เป็นเวลา 7 สัปดาห์ พบว่า การใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองและสาหร่ายสไปรูลิน่าผงทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 25 - 75 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ลูกอ๊อดกบบลูฟร็อกมีการเติบโตที่ดีกว่าและมีการพัฒนาจนถึงระยะเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (metamorphosis) เร็วกว่าอาหารที่ใช้โปรตีนจากปลาป่น แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองและสาหร่ายสไปรูลิน่าผงทดแทนโปรตีนจากปลาป่น พบว่า การใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทำให้ลูกอ๊อดกบบลูฟร็อกมีการเจริญเติบโตดีกว่าและมีอัตราการเปลี่ยนรูปร่าง (metamorphosis rate) เร็วกว่าการใช้โปรตีนจากสาหร่ายสไปรูลิน่าผง

อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ได้ดำเนินการในช่วงฤดูหนาว (สิงหาคม 2553-ธันวาคม 2553) มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 14-22 องศาเซลเซียส ซึ่งโดยทั่วไปกบเป็นสัตว์เลือดเย็นประเภทครึ่งบกครึ่งน้ำ สามารถรับความรู้สึกถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้อย่างรวดเร็ว โดย Rubner (1924) กล่าวว่า *Rana esculenta* ถ้าอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในร่างกายกบชนิดนี้จะเหลือ 25 องศาเซลเซียส และถ้าอุณหภูมิภายนอกเท่ากับ 3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในร่างกายกบเท่ากับ 0 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการที่สัตว์ประเภทนี้มีอุณหภูมิของอุณหภูมิในร่างกายลดต่ำกว่าสภาพแวดล้อม ทำให้กระบวนการเมตาบอลิซึมภายในร่างกายเปลี่ยนแปลง มีผลต่อพฤติกรรมต่างๆ เช่น การกินอาหาร การสืบพันธุ์ เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากการทำงานของฮอร์โมนภายในร่างกายผิดปกติ เช่น การหลั่งของ thyroid hormone ที่มีผลเนื่องจากการทำงานระหว่าง hypothalamus, pituitary, thyroid gland ฮอร์โมนชนิดนี้เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเจริญระยะ Metamorphosis ของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ

อัตราการรอดตาย พบว่า อาหารผสมสไปรูลิน่า และอาหารผสมกระเทียม มีผลต่ออัตราการรอดตายของกบเท่ากับ 59.19±2.89 และ 57.50±5.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ากบที่ได้รับอาหารผสมชุดควบคุม และอาหารผสมสาหร่ายไก แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยในการทดลองนี้สาเหตุหลักของการตายของกบ คือ การกัดกินกันเอง รวมถึงทำให้เกิดบาดแผลและตายในที่สุด ซึ่งในการทดลองนี้จะไม่มีการคัดขนาดของกบเนื่องจากเป็นบ่อทดลอง จึงส่งผลให้กบมีขนาดที่แตกต่างกันในบ่อเดียวกัน แม้จะมีการให้อาหารที่ทั่วถึงภายในบ่อทดลองแล้วก็ตาม สอดคล้องกับ Nagsing (2003) กล่าวว่า การคัดขนาดมีความจำเป็นมากสำหรับการเลี้ยงกบ โดยควรคัดขนาดทุกๆ 1–2 สัปดาห์ต่อครั้ง หากไม่มีการคัดขนาดหรือปล่อยกบตัวใหญ่เลี้ยงรวมกับกบตัวเล็ก กบจะกัดกันเองหรือตัวใหญ่กินตัวเล็ก ทำให้เกิดความเสียหายเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า อาหารผสมสไปรูลิน่า และอาหารผสมกระเทียม มีผลต่ออัตราการรอดตายของกบนั้น อาจเนื่องมาจากสาหร่ายสไปรูลิน่ามีรงควัตถุที่เรียกว่า C-phycocyanin ซึ่งเป็นสารช่วยสร้างระบบภูมิคุ้มกัน (Jongkol et al., 2009) และนอกจากนี้ Vonshak (1997) ยังกล่าวว่าทั้งสาหร่ายสไปรูลิน่า และสาหร่ายไก มีสารที่เรียกว่า Carotenoid ทำให้มีผลต่อสุขภาพของสัตว์น้ำ โดยสามารถลดความเครียด ทำให้สัตว์น้ำมีสุขภาพดี สามารถทนต่อเชื้อก่อโรคต่างๆ ได้ดีขึ้น และอาหารผสมกระเทียม มีสารสำคัญที่เรียกว่า Allicin ที่สามารถออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อ และป้องกันการอักเสบ ทำให้สามารถทนต่อการติดเชื้อโรคต่างๆ ได้ดี (Sajeera, 2006; Saroj et al., 2003 and McCartney, 2002) จึงทำให้อัตรารอดของกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าและอาหารผสมกระเทียมมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ดัชนีความสมบูรณ์เพศ (Gonadosomatic index)

ดัชนีความสมบูรณ์เพศของกบเพศผู้ที่ได้รับอาหารผสมกระเทียมมีค่า 0.26±0.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่ากบที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า อาหารผสมสาหร่ายไก และอาหารชุดควบคุม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) สอดคล้องกับ Sajeera (2006) ที่เลี้ยงไก่เนื้อด้วยอาหารผสม 5 สูตร คือ สูตรที่ 1 เลี้ยงไก่เนื้อด้วยอาหารผสมสูตรควบคุมและได้รับการฉีดน้ำมันมะกอก สูตรที่ 2 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม และได้รับการฉีดฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน สูตรที่ 3, 4 และ 5 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมเสริมกระเทียม 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ และได้รับการฉีดน้ำมันมะกอก เป็นเวลา 45 วัน พบว่า การเสริมกระเทียมสดในอาหารที่ 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารไก่เนื้อมีผลต่อการกระตุ้นการแบ่งตัวและพัฒนาของ Spermatigonium ไปเป็นเซลล์อสุจิ ซึ่งให้ผลกระตุ้นคล้ายคลึงกับการฉีดฮอร์โมนเพศ โดยการเสริมกระเทียมที่ระดับดังกล่าวทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนของหลอดสร้างอสุจิ และก่อให้เกิดการแบ่งตัวของเซลล์ที่สร้างอสุจิได้ดีกว่าสูตรอาหารผสมที่ 5, 2 และสูตรอาหารชุดควบคุม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่ไม่มีผลต่อการเพิ่มขนาดและน้ำหนักของอัณฑะ หงอน และเหนียง

ส่วนกบเพศเมีย พบว่าอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าส่งผลต่อค่าดัชนีการเจริญพันธุ์ มีค่าเท่ากับ 0.56±0.02 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากบที่ได้รับอาหารชุดควบคุม อาหารผสมกระเทียม และอาหารผสมสาหร่ายไก ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) สอดคล้องกับ Jongkol (2011) ที่ทดลองใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าสด และผง ในการเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์ฟ พบว่า มีค่าดัชนีการเจริญพันธุ์สูงกว่าปลาแฟนซีคาร์ฟที่ได้รับอาหารที่ไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และ ฐิติมา และคณะ (2546) ทดลองเกี่ยวกับการส่งเสริมความสมบูรณ์เพศของปลาแรด และปลาดุกอุยด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า 0, 0.5, 1 และ 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ปลาแรดที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีการวางไข่ดีที่สุด และยังพบว่าปลาดุกอุยเพศเมียที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ รวมถึงยังมีการใช้สาหร่ายชนิดอื่นซึ่งมีสาระสำคัญที่คล้ายกับสาหร่ายสไปรูลิน่า เช่น การศึกษาของ ณรงค์กิ่งเพชร (2553) ที่ใช้สาหร่ายไกเลี้ยงปลาดุกรัสเซียเพื่อศึกษาค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศ พบว่าปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศของเพศเมียสูงกว่าปลาดุกรัสเซียในหน่วยการทดลองอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากในสาหร่ายสไปรูลิน่าประกอบด้วกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวหลายชนิด เช่น Palmitoleic acid, Linoleic acid, Gamma linolenic acid และ Arachidonic acid โดยเฉพาะ Gamma linolenic acid และ Arachidonic acid ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสร้าง Prostaglandins ที่มีหน้าที่สำคัญในการควบคุมปริมาณฮอร์โมนเพศที่ช่วยในการพัฒนาการสร้างไข่และอสุจิ (เกรียงศักดิ์, 2553; นิวุฒิ, 2547; Jongkol, 2008)

คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อและหนังกบนา

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อและหนังกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม พบว่า กบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่ามีค่าความชื้น เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตในเนื้อและหนังสูงกว่ากบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก กระเทียม และอาหารชุดควบคุม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ จงกล และคณะ (2548) ที่ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพเนื้อปลาดุกรัสเซีย (*Glarias gariepinus*) โดยใช้สาหร่ายสไปรูลิน่า 0, 5, 10 และสาหร่ายไก 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ปลาดุกที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการในเนื้อปลาดุกสูงกว่าในชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าอาหารผสมกระเทียมมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนที่สะสมในเนื้อกบนามีค่าสูงกว่ากบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก อาหารชุดควบคุม และอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อาจเป็นไปได้ว่ากระเทียมอาจจะมีสาระสำคัญบางอย่างที่ช่วยให้เกิดการสะสมปริมาณโปรตีนในเนื้อของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำโดยเฉพาะกบ ซึ่งจากการศึกษายังไม่มีรายงานการวิจัยเรื่องดังกล่าวในสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ อย่างไรก็ตามมีการศึกษาของ สุวรรณี (2549) ที่ศึกษาถึงผลการใช้กระเทียมต่อการเจริญเติบโต สมรรถนะการผลิต คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ พบว่า ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารผสมกระเทียมส่งผลให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ มีแนวโน้มที่ดีกว่าไก่ที่ไม่ได้รับอาหารผสมกระเทียม

อาหารผสมสาหร่ายไกมีผลทำให้ปริมาณไขมัน และปริมาณคาโรทีนอยด์ในเนื้อและหนังสูงกว่ากบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า อาหารชุดควบคุม และอาหารผสมกระเทียม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับ ณรงค์กิ่งเพชร (2553) ที่กล่าวว่า ปลาดุกรัสเซียที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายไก 5 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ปลาดุกรัสเซียมีอัตราการเจริญเติบโต สัมประสิทธิ์การเจริญพันธุ์เพศเมีย และปริมาณคาโรตินอยด์สูงกว่าปลาดุกรัสเซียที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก 3 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คล้ายกับการทดลองใช้สาหร่ายสไปรูลิน่า และสาหร่ายไกผสมในสูตาอาหารปลานิลแดง จะทำให้ปริมาณคาโรทีนอยด์สะสมในเนื้อปลาสูงกว่าการใช้อาหารทั่วไปทำให้เนื้อปลามีสีเข้มขึ้น (Jongkol et al., 2004) ซึ่งคาโรทีนอยด์มีผลต่อสุขภาพของปลา โดยสามารถลดความเครียด ทำให้ปลามีสุขภาพดี สามารถทนต่อเชื้อโรคต่าง ๆ ได้ดีขึ้น (Nakano et al., 2003)

ระบบภูมิคุ้มกัน (Immune)

ความสามารถในการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวของกบที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่ามีค่า 55.00±7.00 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากบที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไกเท่ากับ 51.10±8.14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่อาหารผสมทั้ง 2 สูตร มีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกบที่ได้รับอาหารผสมกระเทียม และอาหารผสมชุดควบคุม ตามลำดับ คล้ายกับ Thussuk (2011) ที่ได้ทดลองเลี้ยงปลาทองด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ระดับ 0, 6, 12 และสาหร่ายไก 6 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ค่าความสามารถในการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวของปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าผง 12 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงที่สุด และไม่มีความแตกต่างกับปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายไก 6 เปอร์เซ็นต์ แต่ต่างกับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าผง 6 เปอร์เซ็นต์ และอาหารชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จงกล และคณะ (2552) ที่พบว่าปลาดุกที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า 5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าจำนวนเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ (Lysozyme activity assay) มีค่าสูงกว่าปลาดุกที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า 3, 0 และสาหร่ายไก 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับ Hironobu et al. (2006) ที่ศึกษาการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของปลาคาร์ฟด้วยสาหร่ายสไปรูลิน่า พบว่า สาหร่ายสไปรูลิน่าที่ระดับ 1 และ 10 มิลลิกรัม ส่งผลให้ความสามารถในการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวปลาคาร์ฟสูงกว่าปลาคาร์ฟที่ไม่ได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า และ Lee (1999) ที่พบว่าเมื่อผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ส่งผลให้กุ้งมีระบบภูมิคุ้มกันที่ดีขึ้น โดยมีค่าการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวสูงขึ้น

ทั้งนี้เนื่องจากสาหร่ายสไปรูลิน่ามีสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันหลายชนิด เช่น รงควัตถุคาโรทีนอยด์ และไฟโคไซยานิน โดยพบว่าคาโรทีนอยด์มีความสำคัญต่อกระบวนการทางชีวเคมี คือ สามารถป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังมีผลในการเพิ่มปริมาณของแมคโครฟาจ (macrophage) ทีลิมโฟไซท์ (T-ymphocytes) และ บี ลิมโฟไซท์ (B-lymphocytes) เมื่อแมคโครฟาจ ที ลิมโฟไซท์ และ บี ลิมโฟไซท์ เพิ่มมากขึ้นก็จะส่งผลให้ระบบภูมิคุ้มกันมีการตอบสนองต่อสิ่งแปลกปลอมหรือเชื้อโรคสูงขึ้น (Thompson et al., 1995) ส่วนไฟโคไซยานิน มีคุณสมบัติกระตุ้นภูมิคุ้มกันโดยเป็นสารแอนตีออกซิแดน เช่นเดียวกัน (Vadiraja and Madyastha, 2000) นอกจากนี้ Richmond (1986) ยังพบว่าที่บริเวณของผนังเซลล์สาหร่ายสไปรูลิน่ามีโพลีแซคคาไรด์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีลักษณะเหมือนผนังเซลล์ของแบคทีเรีย ดังนั้นเมื่อร่างกายได้รับสาหร่ายสไปรูลิน่า ทำให้ระบบภูมิคุ้มกันกระตุ้นการสร้าง บี ลิมโฟไซท์ ที่บริเวณม้ามและไขสันหลัง เพื่อ

กำจัดและจดจำ (memory) เมื่อได้รับเชื้อโรคก็จะส่งผลให้กระบวนการกำจัดเชื้อเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว และมีการจับกินสิ่งแปลกปลอมเซลล์เม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้น

การทดลองที่ 2 ศึกษาการเลี้ยงกบนาด้วยรูปแบบที่แตกต่างกัน ต่อการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และต้นทุนผลตอบแทนในการผลิตกบนา

การทดลองเลี้ยงกบนาในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เพื่อศึกษาการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และต้นทุนผลคอบแทนในการผลิตกบนา โดยกบนามีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 11.56±1.00 กรัมต่อตัว ระยะเวลาการทดลอง 120 วัน

การเติบโต (Growth)

จากการศึกษา พบว่า กบนาที่เลี้ยงในยางรถยนต์มีค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัมต่อตัว) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัมต่อตัวต่อวัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ มีค่า 152.45±38.62 กรัมต่อตัว 1.27±0.32 กรัมต่อตัวต่อวัน 2.18±0.24 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน และ 2.90±0.47 ตามลำดับ ดีกว่ากบนาที่เลี้ยงในกระชัง และคอก ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกับกบนาที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คือ 123.56±5.01 กรัมต่อตัว 1.03±0.04 กรัมต่อตัวต่อวัน 2.03±0.03 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน และ 3.98±0.16 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามอัตราการรอดตายของกบนาที่เลี้ยงในกระชัง และบ่อซีเมนต์ คือ 76.75±7.50 และ 75.00±5.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกบนาที่เลี้ยงในยางรถยนต์ และคอก ตามลำดับ

สอดคล้องกับ ศรัณยู (2550) ที่ทำการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของกบนาที่เลี้ยงด้วยรูปแบบที่แตกต่าง คือ เลี้ยงกบภายในบ่อปูนซีเมนต์กลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.10 เมตร สูง 0.40 เมตร เลี้ยงภายในยางรถบรรทุกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.10 เมตร จำนวน 3 เส้นเรียงซ้อนทับกัน และเลี้ยงภายในคอกขนาด 1×1×0.90 เมตร โดยใช้ตาข่ายไนล่อนขึงล้อมรอบ เลี้ยงด้วยอาหารสำหรับปลาดุกขนาดเล็ก ระยะเวลาในการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กบนาที่เลี้ยงในยางรถบรรทุกมีการเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งสูงกว่าการเลี้ยงในบ่อปูนซีเมนต์และในคอก ส่วนน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อตัวต่อวันและอัตราการแลกเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับอัตราการรอดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า กบที่เลี้ยงในบ่อปูนซีเมนต์ และกบที่เลี้ยงในยางรถยนต์ไม่ต่างกับกบที่เลี้ยงในคอก และฉะอ้อน (2550) กล่าวว่า การเลี้ยงกบคอนโด นั้นจะให้ผลการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายที่ดีกว่าการเลี้ยงกบในบ่อซีเมนต์ นอกจากนี้ยังเป็นวิธีการเลี้ยงที่ใช้ต้นทุนน้อย และประหยัดน้ำ ซึ่งเหมาะกับพื้นที่สูงหรือพื้นที่แห้งแล้ง และอายุของกบที่จะนำมาเลี้ยงในคอนโด ถ้ามีอายุมากกว่า 90 วัน มักจะพบปัญหาเรื่องกบ

เครียด เพราะอยู่ในที่มืดและแคบ อาจจะมีผลให้กบตายหรือการกินอาหารของกบยืดระยะเวลานานออกไปจาก 3 เดือน ไปถึง 4 เดือน ถึงจะจับขายได้ สถานที่จัดการวางคอนโดนับเป็นเรื่องที่มีความสำคัญ หลักการสำคัญควรจะวางอย่าให้ดากแดดโดยตรง เพราะยางรถจะร้อนมีผลทำให้น้ำที่อยู่ในคอนโดร้อนตามไปด้วย ควรจะวางในบริเวณที่มีแสงรำไร นอกจากนี้ ภาณุวัฒน์ (2546) ยังกล่าวว่า การเลี้ยงในยางรถยนต์เก่าซ้อนกันหรือที่เรียกว่า การเลี้ยงกบคอนโด ซึ่งใช้พื้นที่ไม่มากแล้วยังไม่สิ้นเปลืองน้ำ คอนโด 1 ชุด สามารถเลี้ยงกบได้ 100 ตัว แต่จากการศึกษาในครั้งนี้แตกต่างจากการศึกษาของ เทพพิทักษ์ และคณะ (2552) ที่ศึกษาการเติบโตของกบนาที่เลี้ยงด้วยรูปแบบ คือ เลี้ยงกบนาในบ่อซีเมนต์กลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร เลี้ยงกบนาในกระชัง ขนาด 1x1.4x1.5 เมตร และเลี้ยงกบแบบคอนโด (ยางรถบรรทุกจำนวน 3 เส้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร เรียงซ้อนทับกัน) ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาดเล็ก เป็นระยะเวลา 135 วัน พบว่า กบนาที่เลี้ยงในกระชังมีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ มากกว่ากบนาที่เลี้ยงในคอนโดและในบ่อซีเมนต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ส่วนอัตราการแลกเนื้อ พบว่า กบนาที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์มีอัตราการแลกเนื้อ 1.13±0.10 ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากบนาที่เลี้ยงในกระชัง และคอนโด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) สำหรับอัตราการรอดตายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า กบนาที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ ในกระชัง และในคอนโด มีอัตราการรอดตายที่ไม่แตกต่างกัน

ดัชนีความสมบูรณ์เพศ (Gonadosomatic index)

จากการศึกษา พบว่า กบนาที่เลี้ยงในกระชังมีค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศผู้และเพศเมีย คือ 0.019±0.005 และ 0.380±0.045 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับกบนาที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ ยางรถยนต์ และดอก ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากกระชังที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะโปร่งอากาศถ่ายเทได้สะดวก ทำให้กบอาศัยอยู่อย่างเป็นสุข ซึ่งอาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้กบนามีการพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่น รวมถึงในการทดลองครั้งนี้ใช้อาหารที่ผสมสาหร่าย 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นอาหารสูตรที่ดีที่สุดสำหรับการเติบโตที่คัดเลือกมาจากการทดลองที่ 1 ซึ่งสูตรอาหารผสมดังกล่าวสามารถช่วยในเรื่องของการเติบโต รวมถึงช่วยให้กบนามีค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศสูงขึ้น สอดคล้องกับ จงกล (2554) ที่กล่าวว่าปลานิลแดงที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าสดมีค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปลานิลที่ไม่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า และ Jongkol (2011) ที่ทดลองใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าสด และผง ในการเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์ฟ พบว่า มีค่าดัชนีการเจริญพันธุ์สูงกว่าปลาแฟนซีคาร์ฟที่ได้รับอาหารที่ไม่ผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตกบนา

จากการศึกษาต้นทุนในการผลิตกบนาที่เลี้ยงในรูปแบบที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ คือ เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง พบว่า กบนาที่เลี้ยงในยางรถยนต์มีต้นทุนในการผลิตทั้งหมด (149.32 บาทต่อตร.ม) และต้นทุนในการผลิตต่อกิโลกรัมต่ำสุด (124.43 บาทต่อกิโลกรัม) แต่ต้นทุนการผลิตต่อตัวของกบนาที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์คือ 16.99 บาทต่อตัว ต่ำกว่ากบนาที่เลี้ยงในกระชัง ยางรถยนต์ และคอก ตามลำดับ รายได้ทั้งหมด รายได้สุทธิ และผลตอบแทนต่อการลงทุน พบว่ากบนาที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ (649.60, 144.65 บาทต่อตร.ม และ 14.18 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่ากบนาที่เลี้ยงในกระชัง ยางรถยนต์ และในคอก ตามลำดับ

สอดคล้องกับ ศรัณยู (2550) ที่ศึกษาถึงต้นทุนการเลี้ยงกบนาด้วยรูปแบบที่แตกต่างกัน คือ เลี้ยงกบภายในบ่อปูนซีเมนต์กลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.10 เมตร สูง 0.40 เมตร เลี้ยงภายในยางรถบรรทุกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.10 เมตร จำนวน 3 เส้นเรียงซ้อนทับกัน และเลี้ยงภายในคอกขนาด 1×1×0.90 เมตร โดยใช้ตาข่ายไนล่อนขึงล้อมรอบ เลี้ยงด้วยอาหารสำหรับปลาดุกขนาดเล็ก ระยะเวลาในการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่ากบนาที่เลี้ยงในยางรถบรรทุก ใช้ต้นทุนในการผลิตน้อยที่สุดคือ 527.77 บาท และกบนาที่เลี้ยงในคอก ใช้ต้นทุนในการผลิตมากที่สุดคือ 557.14 บาท สำหรับต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 126.39, 110.64 และ 227.40 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยกบนาที่เลี้ยงในยางรถบรรทุก ใช้ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมน้อยที่สุดคือ 110.64 บาทต่อกิโลกรัม และกบนาที่เลี้ยงในคอก ใช้ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมมากที่สุดคือ 227.40 บาทต่อกิโลกรัม และ สุจนีย์ (2553) กล่าวว่า ต้นทุนในการผลิตกบนา โดยเฉพาะการเลี้ยงกบคอนโดถือได้ว่าเป็นรูปแบบการเลี้ยงที่มีการลงทุนน้อย กล่าวคือ เลี้ยงกบ 1 คอนโดจำนวน 100 ตัว จะใช้เงินลงทุนรวมประมาณ 800 บาท และถ้าเกษตรกรมีการจัดการในการเลี้ยงที่เหมาะสมจะสามารถผลิตกบนาใน 1 คอนโดได้น้ำหนักกบ 25 กิโลกรัม ขายในราคากิโลกรัมละ 60 บาท จะมีรายได้จากการเลี้ยงกบประมาณ 1,500 บาทต่อ 1 คอนโด แสดงให้เห็นว่า เลี้ยงกบ 1 คอนโด มีกำไร 700 บาท ส่วน ฉะอ้อน (2550) กล่าวว่า การเลี้ยงกบในคอนโด นั้นจะให้ผลการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายที่ดีกว่าการเลี้ยงกบในบ่อซีเมนต์ นอกจากนี้ยังเป็นวิธีการเลี้ยงที่ใช้ต้นทุนน้อยและประหยัดน้ำ ซึ่งเหมาะกับพื้นที่สูงหรือพื้นที่แห้งแล้ง

อย่างไรก็ตามจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า กบนาที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์มีการเติบโตและอัตราการรอดตายค่อนข้างดีกว่าชุดการทดลองอื่น ถึงแม้จะมีต้นทุนทั้งหมดสูงกว่ากบนาที่เลี้ยงในยางรถยนต์ แต่ต้นทุนการผลิตต่อตัวต่ำกว่าทุกชุดการทดลอง ซึ่ง ทองยุ่น (2555) กล่าวว่า การเลี้ยงกบนาในบ่อซีเมนต์เป็นวิธีการเลี้ยงที่ดีที่สุด เพราะให้ผลตอบแทนเป็นกำไรสูงที่สุด ง่ายต่อการทำความสะอาดซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการเลี้ยงกบ รวมถึงยังสะดวกในการจับกบเพื่อนับจำนวน

ตัวรอด คัดขนาด วัดขนาดตัว วัดขนาดความยาวเหยียดและชั่งน้ำหนักกบ กบหลบหนีออกจากบ่อไม่ได้ ไม่มีการสูญหาย ศัตรูเข้าทำอันตรายกบได้น้อย ทำให้กบไม่ถูกรบกวนจึงมีการเจริญเติบโตเร็ว และมีอัตราการรอดตายสูงที่สุด คล้ายกับ ภาณุวัฒน์ (2546) กล่าวว่า การเลี้ยงกบในบ่อซีเมนต์ เป็นรูปแบบที่นิยมเลี้ยงกันมากที่สุดในปัจจุบัน เพราะดูแลรักษาง่าย กบมีความเป็นอยู่ดีและเจริญเติบโตดี อีกทั้งเป็นการง่ายต่อการบริหารจัดการต่อผู้เลี้ยงในด้านการดูแลรักษา บ่อกบดังกล่าวนี้ควรจะสร้างด้วยคอนกรีตหรือวัสดุอื่น ๆ ที่มีความแข็งแรงพอสมควร สามารถป้องกันไม่ให้กบหนี และป้องกันศัตรูจากภายนอกไม่ให้เข้าไปทำลายกบได้ ขนาดบ่อมีหลายขนาด ขึ้นกับความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของรูปแบบการเลี้ยงและอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกบนา สรุปได้ว่า

1. การใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าผสมในอาหารส่งผลทำให้กบนามีการเติบโตดีที่สุด รวมถึงอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า และอาหารผสมกระเทียมยังทำให้กบนามีอัตราการรอดดีที่สุด

2. อาหารผสมกระเทียมทำให้กบนาเพศผู้มีค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศสูงที่สุด แต่อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าส่งผลให้กบนาเพศเมียมีค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศดีที่สุด

3. อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่ามีแนวโน้มที่ทำให้ค่าคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อและหนังกบนามีค่าดีที่สุด แต่อาหารผสมสาหร่ายไกส่งผลทำให้ค่าปริมาณคาโรทีนอยด์รวมมีค่าสูงที่สุด

4. การใช้อาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าและอาหารผสมสาหร่ายไก ส่งผลทำให้กบนามีค่าความสามารถในการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวสูงที่สุด

5. การใช้ยางรถยนต์ (คอนโด) และบ่อปูนซีเมนต์มาใช้เลี้ยงกบนา เป็นรูปแบบการเลี้ยงที่ส่งผลทำให้กบนามีการเติบโตดีที่สุด

6. รูปแบบการเลี้ยงกบนาในกระชังส่งผลทำให้กบนามีค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศสูงที่สุด

7. การเลี้ยงกบนาในยางรถยนต์ (คอนโด) มีต้นทุนในการผลิตทั้งหมด และต้นทุนในการผลิตต่อกิโลกรัมต่ำที่สุด แต่การเลี้ยงกบนาในบ่อปูนซีเมนต์ทำให้ต้นทุนการผลิตต่อตัว รายได้ทั้งหมด รายได้สุทธิ และผลตอบแทนต่อการลงทุนดีที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ทำอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียมขึ้นมาเอง ซึ่งเป็นอาหารชนิดจมน้ำ โดยอาหารดังกล่าวอาจจะไม่เหมาะสมต่อการกินอาหารของกบนา ในอนาคตอาจจะต้องทำอาหารที่เป็นชนิดลอยน้ำหรือใช้วิธีการนำสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม มาเคลือบหรือคลุกในอาหารเม็ดลอยน้ำสำเร็จรูปน่าจะให้ผลการทดลองที่ชัดเจนขึ้น

2. อาหารผสมกระเทียมที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ผู้ศึกษาใช้กระเทียมแห้งบดผง ซึ่งอาจจะทำให้สาระสำคัญบางชนิดในกระเทียมลดลงหรือสูญหายได้ ดังนั้นการทดลองในอนาคตอาจจะต้องใช้กระเทียมในรูปแบบสดมาทำการศึกษา หรือใช้ในรูปแบบของสารสกัดกระเทียมก็น่าจะให้ผลการทดลองที่ดีขึ้น

3. เป็นที่น่าสังเกตว่าอาหารผสมกระเทียมมีผลทำให้ค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศในกบนาเพศผู้สูงขึ้นถึง 3 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า ซึ่งการทดลองในอนาคตอาจจะนำอาหารผสมกระเทียมไปศึกษาถึงผลของการเหนี่ยวนำให้เกิดการแปลงเพศเป็นเพศผู้ในสัตว์น้ำอื่น ๆ ได้ รวมถึงศึกษาถึงผลของการกระตุ้นให้เกิดการสร้างน้ำเชื้อในพ่อพันธุ์สัตว์น้ำและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ เพื่อลดระยะเวลาในการเลี้ยงเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ได้

4. ในส่วนของรูปแบบสำหรับการเลี้ยงกบนั้น อาจจะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ที่จะใช้เลี้ยงกบนาเป็นสำคัญ ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับศักยภาพของผู้เลี้ยงและวัตถุประสงค์ในการเลี้ยงด้วย ซึ่งคาดว่าน่าจะได้ประโยชน์จากรูปแบบการเลี้ยงที่แตกต่างกันจากการศึกษานี้ได้อย่างเต็มศักยภาพ ต่อไป

บรรณานุกรม

กาญจนภาชน์ ลิ้มมโนมนต์. 2527. **สาหร่าย.** กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 343 น.

กรมอนามัย. 2530. **ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายไกกับอาหารชนิดอื่น.** กรุงเทพฯ: กรม. 45 น.

กรมประมง. 2536. **การเพาะเลี้ยงกบ.** กรุงเทพฯ: งานเอกสารคำแนะนำ กองส่งเสริมการประมง กรมประมง. 22 น.

_____. 2548. **การเพาะเลี้ยงกบ.** กรุงเทพฯ: กรม. 26 น.

กุศล คำเพราะ. 2541. สารให้สี Aataxanthin ที่มีศักยภาพในอาหารสัตว์ปีก. **สัตว์เศรษฐกิจ.** 16(348): 41-44.

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2547. **หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.** เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 229 น.

กัมพล อิศรางกูร ณ อยุธยา, นงเยาว์ จันทร์ผ่อง และ ผุสตี ปริยานนท์. 2532. สัณฐานและกายวิภาคของกบนา (*Rana tegerina*). **วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์** 14(2): 91-98.

กัญช์ เกล็ดมณี. 2553. **การตอบสนองภูมิคุ้มกันของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*, Bloch) ต่อการเสริมด้วยอาหารไคโตซาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยบูรพา. 84 น.

จงกล พรมยะ. 2546. **การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาเพื่อเป็นอาหารปลาสำเร็จรูป.** เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 76 น.

_____. 2552. **พล422 การเพาะเลี้ยงสาหร่าย.** เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 128 น.

_____. 2554. **เอกสารประกอบการฝึกอบรม เทคนิคการเพิ่มความดกของไข่ปลาสวยงามด้วยสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในสูตรอาหารต้นทุนต่ำอย่างยั่งยืน ตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง.** เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 35 น.

จงกล พรมยะ และ ขจรเกียรติ์ แซ่ตัน. 2548. **การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่าเพื่อสุขภาพ.** เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 45 น.

จงกล พรมยะ, ขจรเกียรติ ศรีนวลสม และ ชนกันต์ จิตมนัส. 2552. ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่า และสาหร่ายไก ต่อการเติบโต คุณภาพเนื้อ และการกระตุ้นภูมิคุ้มกันในปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*). **วารสารการประมง** 62(6): 511-518.

จงกล พรมยะ, เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ และ ขจรเกียรติ์ แช่ตัน. 2549. **ผลของการใช้สไปรูลินาสดต่อการเจริญเติบโตคุณค่าทางโภชนาการและคาโรตินอยด์ของปลานิลแดง. (*Oreochromis* sp)**. เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 11 น.

จงกล พรมยะ, เพ็ญรัตน์ หงษ์วิทยากร และ ชนกันต์ จิตมนัส. 2546. การพัฒนาสาหร่าย *Spirulina platensis* ระดับพื้นบ้านเพื่อเป็นอาหารเร่งสีเนื้อปลานิลแดง. น. 32-45. ใน **การประชุมสัมมนาวิชาการ งานวันเกษตรและเทคโนโลยี ครั้งที่ 3** ระหว่างวันที่ 5-6 ธันวาคม 2546 ณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. มหาสารคราม: มหาวิทยาลัย.

จงกล พรมยะ, ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร และ สมโภชน์ จันทร์ลอย. 2548. การปรับปรุงคุณภาพเนื้อปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*) โดยใช้ *Spirulina platensis* และ *Cladophora* sp. น. 13-25. ใน **การประชุมวิชาการประมง ครั้งที่ 6**. เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

จิราพร โรจน์ทินกร, ธีระวัฒน์ รัตนพจน์, สายทอง ไชยวงค์, อภิเชษฐ โนภิวงค์ และ อำพล คุ้มตระกูล. 2552. **ฤทธิ์ของสาหร่ายน้ำจืดในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. กรุงเทพฯ: สำนักงานสนับสนุนทุนวิจัยแห่งชาติ (สกว.). 70 น.

ฉะอ้อน แผนสูงเนิน. 2550. **การเลี้ยงกบคอนโดฯ ห้องเรียนทันข่าว**. กรุงเทพฯ: สำนักเทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอน. 5 น.

ชลธิชา โชติสิทธิพงษ์. 2541. **ผลของแอสตาแซนทินต่อสีการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และความทนทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus* sp. ของปลานิลสีแดง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 104 น.

ชฎาธาร โทนเดี่ยว. 2550. ผลของใบยอและฟ้าทะลายโจรต่อการเปลี่ยนแปลงสีและอัตราการจับกินเชื้อโรคของเม็ดเลือดขาวในปลาทอง (*Carasius auratus*). น. 538-546. ใน **การประชุมวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูศักดิ์ แสงธรรม. 2542. **การเลี้ยงกบ**. กรุงเทพฯ: เทพพิทักษ์การพิมพ์. 91 น.

ฐิติมา จิโนวัฒน์, ฉัตรพงษ์ สุขเกื้อ และ ชาตรี วิระสิทธิ์. 2546. **รายงานการวิจัย เรื่อง การส่งเสริมความสมบูรณ์เพศของปลาแรดและปลาดุกอุยด้วยอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า**. อยุธยา: สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพระนครศรีอยุทธยา หันตรา. 104 น.

ณรงค์กิ่งเพชร เปาป่า. 2553. **การเพิ่มคุณภาพของเนื้อและไข่ปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*. Burchell.) ที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายสีเขียว (ไก)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 105 น.

เต็มดวง สมศิริ, สุปราณี ชินบุตร, สุริยนต์ สุนทรวิทย์ และ สุภาพร อารีกิจ. 2538. การศึกษาการพัฒนาของไข่กบจนถึงระยะตัวอ่อน. **วารสารประมง** 48(1): 41-46.

ทองยุ่น ทองคลองไทร. 2546. **คู่มือการเพาะเลี้ยงกบ เล่ม 2**. กาฬสินธุ์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์. 122 น.

_____. 2547. **การเพาะเลี้ยงกบ**. กาฬสินธุ์: นิวจรวดก๊อปปี้. 62 น.

_____. 2555. **การเพาะเลี้ยงกบตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง**. เอกสารประกอบการฝึกอบรม. กาฬสินธุ์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์. 74 น.

ทองยุ่น ทองคลองไทร, เกษม เชตะวัน และ วิทยา กิ้งโก้ง. 2545. **การสำรวจการเพาะเลี้ยงกบใน 10 จังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http:// pikulilib. ku.ac.th/agkb (7 กรกฎาคม 2552).

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์, นิวุฒิ หวังชัย, กระสินธุ์ หังสพฤกษ์ และ สุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย. 2546. ผลของระดับโปรตีนและไขมันต่อการเจริญเติบโตของลูกกบบลูฟล็อก. **วารสารการประมง** 56(5): 463-468.

เทพพิทักษ์ บุญทา, จารุวัฒน์ ผึ้งทอง และ จงกล พรมยะ. 2552. การเติบโตของกบนาที่เลี้ยงในรูปแบบต่างกัน. น. 9-10. ใน **งานการประชุมวิชาการประมง ครั้งที่ 4** ระหว่างวันที่ 8-9 ธันวาคม 2552 ณ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัย.

ธงชัย จำปาศรี, วิรัช จิ๋วแหยม, ณัฏฐา วิศิษฎ์วิทยากร และ ฉัตรชัย ปรีชา. 2548. การวิจัยและพัฒนาอาหารและการให้อาหารกบ. **วารสารวิจัย มข.** 10(3): 208-217.

ธัชศึก คุ้มพร้อม, จงกล พรมยะ, เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน, นิวุฒิ หวังชัย และ ชนกันต์ จิตมนัส. 2554. ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าและสาหร่ายไกต่อการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกัน และการปรับปรุงสีของปลาทอง. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น** 16(6): 612-621.

ธีรวรรณ รัศมีทัต, ผุสดี ปริยานนท์, กิ่งแก้ว วัฒนเสริมกิจ, วีณา วิลาศ์เดชานนท์ และ นงเยาว์ จันทร์ผ่อง. 2531. การทำฟาร์มกบแบบไม่ครบวงจร. **วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์** 10 (2): 48-49.

นิวุฒิ หวังชัย. 2547. **โภชนาศาสตร์สัตว์น้ำ**. เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 226 น.

บริษัท กรีนไดมอนด์ จำกัด. ม.ป.ป. **คุณค่าทางโภชนาการของ จีดี-1 สาหร่ายเกลียวทอง**. (เอกสารเผยแพร่).

ผุสดี ปริยานนท์, กัมพล อิศรางกูร ณ อยุธยา, นงเยาว์ จันทร์ผ่อง, ธีรวรรณ นุดประพันธ์ และ วิโรจน์ ตาวฤกษ์. 2535. **การเลี้ยงกบ ชีววิทยาและวิธีการขยายพันธุ์**. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 43 น.

พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ. 2526. **คู่มือการใช้สมุนไพร.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เมดิคัล มีเดีย. 50 น.

ภาณุวัฒน์ นาคสิงห์. 2546. **คู่มือการเพาะเลี้ยงกบเชิงพาณิชย์ สัตว์เศรษฐกิจทำเงินยอดนิยม.** กรุงเทพฯ: หจก. เพรชกะรัต สตูดิโอ. 111 น.

มานพ เพิ่มสุข. 2547. **การทดลองเลี้ยงกบร่วมกับปลาดุกในกระชังที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. 48 น.

ยงยุทธ ทักษิน และ พิสมัย สมสืบ. 2548. การใช้โปรตีนข้าวโพดแทนปลาป่นในการเลี้ยงกบนาในกระชัง. **วารสารการประมง** 58(2): 159-167.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2546. **การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไปรูลินา.** เชียงใหม่: สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 310 น.

_____. 2550. **การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก: ความรู้ทั่วไปและการแปรรูปอาหาร.** กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). 32 น.

เยาวนิตย์ คนยดล, จีรนันท์ อุไรประสิทธิ์, สุทธินี ภูวนาถ และ สถาพร ดิเรกบุษราคม. 2543. การประยุกต์วิธีการตรวจสอบการสิ่งแปลกปลอมในปลา. **กรมประมง** 53(5): 461-466.

รณชัย หมอดี. 2536. อาหารสำเร็จกับการพัฒนาการเลี้ยงกบ. **วารสารสัตว์น้ำ** 4 (43): 113-114.

รัตน์ จันทโคตร. 2551. **การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและการรอดตายของกบนาที่เลี้ยงโดยให้อาหารต่างชนิดกัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 63 น.

ร่วมฤดี พานจันทร์, พงษ์กฤษณ์ ศิริสรณ์ และ สมวิทย์ พาพรม. 2552. **ฤทธิ์ของสารสกัดจากกระเทียมต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas hydrophila* ที่แยกได้จากปลาดุกลูกผสม.** สกลนคร: สาขาวิชาประมง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร. 7 น.

วิศิษณ์ เกตุปัญญาพงศ์. ม.ป.ป. **กระเทียม พืชสมุนไพรหลากประโยชน์.** ยะลา: คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏยะลา. 20 น.

วิทย์ ธารชลานุกิจ. 2529. **การเลี้ยงกบ.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 59 น.

วันดี กฤษณพันธ์. 2539. **เกร็ดความรู้สมุนไพร.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ: บริษัท สามัคคีสาร (ดอกหญ้า) จำกัด.

วีรยุทธ์ เลาหะจินดา. 2552. **วิทยาสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 429 น.

ศรัณยู เทศสร. 2550. **อัตราการเจริญเติบโตของกบนาที่เลี้ยงด้วยรูปแบบที่แตกต่างกัน.** พะเยา: มหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาเขตพะเยา. 21 น.

ศจีรา คุปพิทยานันท์. 2549. **ผลของกระเทียม (*Allium sativum*, Linn) ในอาหารต่อลักษณะเพศผู้ในไก่เนื้อ**. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยสุรนารี. 37 น.

ศุภชัย ชาติวรากุล. 2537. **คู่มือการเลี้ยงกบเป็นการค้า**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์. 65 น.

ศุภชัย ใหม่ศิรี. 2544. **การเลี้ยงกบ**. นนทบุรี: เกษตรบุ๊ค. 87 น.

ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2552. **การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเชิงพาณิชย์. โครงการบริการวิชาการแก่ชุมชน "การอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพ"**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 47 น.

สมศักดิ์ เพียบพร้อม. 2530. **หลักและวิธีการจัดการธุรกิจฟาร์ม**. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์. 240 น.

สาโรช ค้าเจริญ, เยาวมาลย์ ค้าเจริญ, พิชญ์รัตน์ แสนไชยสุริยา, สาธร พรตระกูลพิพัฒน์, บุญดา ธรรมบุตร, สมพงษ์ ฉายพุทธ, เหรียญทอง บุญมา, สกาวรัตน์ นาเมือง และ นวรัตน์ เสมะกัณฐ์. 2546. ผลของการใช้กระเทียมผงทดแทนยาปฏิชีวนะในอาหารสุกรอุ้มท้อง-เลี้ยงลูก และอาหารเลี้ยงต่อสมรรถนะการสืบพันธุ์ของแม่สุกร และการเจริญเติบโตของลูกสุกรดูดนม. น. 10-88. ใน **รายงานความก้าวหน้าของชุดแผนงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาการใช้สมุนไพรกระเทียมเพื่อเป็นสารต้านจุลินทรีย์และวัตถุเติมในอาหารสำหรับอุตสาหกรรม การเลี้ยงไก่และสุกร**. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สินธุ์ธู ลยารมณ์. 2552. **วงจรชีวิตของกบนา**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://sinthoo.blogspot.com/2009/07/1.html (10 กันยายน 2553).

สุจนีย์ พรโสภิณ. 2553. **การเลี้ยงกบนา**. กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดจังหวัดเชียงใหม่. 30 น.

สุจินต์ สมใจ. 2547. **สาหร่ายสไปรูลินา, สาหร่ายเกลียวทอง**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.gpo.or.th /news/interest/inter4.htm. (17 เมษายน 2552).

สุจิตรา วรรณพัฒน์. 2554. **การเลี้ยงกบนาร่วมกับปลาดุกบิ๊กอุยในกระชัง**. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. 37 น.

สุชาติ อุปถัมภ์. 2538. **การพัฒนาสูตรอาหารเม็ด**. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 25 น.

สุภาพร อารีกิจ. 2540. **การศึกษาเนื้อเยื่อปกติของกบนา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุลักษณ์ วุทธีรพล. 2548. **การศึกษาผลของสาหร่ายไก (*Cladophora glomerata* Kutzing) ต่อสีผิวและการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูง**. เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 24 น.

สุวรรณี แสนทวีสุข. 2549. **ผลของการใช้สมุนไพรกระเทียมทดแทนสารปฏิชีวนะเร่งการเจริญเติบโตในอาหารต่อสมรรถนะการผลิต คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ ค่าเคมีของเลือด พลาสมาลิปิด และการป้องกันการออกซิไดส์ของเนื้อเยื่อของไก่เนื้อ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 116 น.

โสมมนัส วงศ์สว่าง. 2538. **วิทยาภูมิคุ้มกันทางสัตวแพทย์.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะสัตว์แพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 114 น.

อนุวัฒน์ อุปนันไชย, พิศมัย สมสืบ และ อนันต์ บุญอินทร์. ม.ป.ป. **การเสริมสาหร่ายและธาตุไอโอดีนเข้มข้น 2 ระดับในอาหารสำหรับลูกกบวัยอ่อน.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://pikulilib.ku.ac.th/agkb (7 กรกฎาคม 2552).

อนุวัฒน์ อุปนันไชย, สุพัตร์ ศรีพัฒน์ และ พัชรี สิงห์สม. 2548. **การเลี้ยงกบในบ่อซีเมนต์ด้วยอัตราความหนาแน่นที่แตกต่างกัน.** เอกสารวิชาการฉบับที่ 11/2548. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาประมง น้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 35 น.

อนุวัฒน์ อุปนันไชย และ พัชรี สิงห์สม. 2551. **การใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (EM) ในการอนุบาลลูกอ๊อดกบนา.** เอกสารวิชาการฉบับที่ 11/2551. กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดแพร่ กรมประมง. 3 น.

AOAC. 1970. **Official Method of Analysis of the Association of official Analytical CheMists.** Washington D. C.: The AVI Puplishing Company. 258 p.

Ankri, S. and Mirelman, D. 1999. Antimicrobial properties of allicin from garlic. **Microbes and Infection** 1: 125-129.

Badach, J. E., J. H. Ryther and W.O.Mclarney. 1992. **Frog Culture in the Farming and Husbandary of Freshwater and Marine Organism.** Canada: Wiley-Interscience. 868 p.

Cortes-Jorge Jr. H. 2000. **Garlic in the marine aquarium: How it may work against Marine Ich.** Singapore: McGraw Hill Book Co. 60 p.

Christian, K. and Tracy, C. 2003. **Thermal Biology of Frogs.** [Online]. Available http://www.cdu.edu.au/ehs/research/utrop/currentprojects/UTROP0405. doc. (4 Fabuary 2010).

Duncan, P. L. and Klesius, P. H. 1996. Effects of feeding *Spirulina* on specific and non – specific immune responses of channel catfish. **J. of Aquat. Anim. Heal.** 8:308–313.

Dalmo, R. A., Ingebrigtsen, K. and Bogwald J. 1997. Non-specific defense mechanisms in fish, with particular reference to the reticuloendothelial system (RES). **J. Fish Dis.** 20: 241-273.

Del Campo, J. A., M. Jose, R. Herminia. M. A. Vagas, R. Joaaquin and G. G. Miguel. 2002. Carotenoid Content of Chlorophycean Microalgae: Factors Determining Lutein Accumulation in *Muriellopis* sp. (Chlorphyta). **Biotechnology** 76: 51–59.

Diegane, N. and Jean, F. 2011. The effect of garlic (*Allium sativum*) on growth and immune responses of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*). **Journal of Clinical Immunology and Immunopathology Research** 3(1): 1-9 p.

Gaze, R. M., M. J. Keating and S. H. Chung. 1974. The evolution of the retinotectal during development in *Xenopus*. **Proc. R. Soc. Biol**. 185: 301-330.

Hourdry, J., A. L. Hermite and F. Raymond. 1996. **Les Metamorphoses des amphibians**. Paris: Masson Singer-Polignac. 275 p.

Hironobu W., Kazuki O., Tassaakka A., CMART, Toshimitsu K. and Masahiro S. 2006. Immuno stimulant effects of dietary *Spirulina platensis* on carp *Cyprinus carpio*. **Aquaculture** 258: 157-163.

Information and commercial technology center office of permanent secretary ministry of commerce. 1982. [Online]. Available http://www.ops3.moc.fo.th. (20 September 2011).

Jongkol Promya. 2008. **Assessment of Immunity Stimulating Capacity and Meat, Egg Qualities of Hybrid Tuptim Tilapia ND56 (*Oreochromis* sp.) Fed on Raw *Spirilina***. Doctoral dissertation. Chiangmai University. 212 p.

_____. 2011. **Techniques of gonadosomatic index improvement with algae cultured in low-cost, sustainable and sufficiency Economy**. Academic Documentation for Community Training. Chiangmai: Maejo University. 33-35 p.

Jongkol Promya and Penrat Hongvitthayakorn. 2003. **Use of *Spirulina platensis* for color improvement of fancy carps (*Cyprinus carpio*)**. Proceedding of 1' national conference on algae plankton. 2003 March 20-21. Kasetsart University.

Jongkol Promya, Khajonkiat Srinolsom and Chanagun Chitmanat. 2009. Effects of *Spirulina platensis* and *Cladophora* sp. on growth performance, meat quality and immunity stimulating capacity of African Sharptooth Catfish (*Clarias gariepinus*). **Thai fisheries gazette** 62 (6): 511-518.

Jongkol Promya, Penrat Hongvitthayakorn and Chanagun Chitmanat. 2003. Development native *Spirulina Platensis* to serve as feed pigment increment in red tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linn). pp. 32-45. In **Abstract in proceedings of Agriculture and Technology Fair**; 2003 Dec 5-6; Mahasarakham, Thailand.

Jongkol Promya, Penrat Hongvitthayakorn and Siripen Traichaiyaporn. 2004. **Meat quality improvement of Red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis mossambicus*) using *Spirulina platensis* and *Cladophora* sp.** 30th Congress on Science and Technology of Thailand, Impact Exhibition and Convention Center. Muang Thong Thani. Thailand. 54 p.

Jongkol Promya, Siripen Traichaiyaporn and Richard, D. 2008. Phytoremediation of kitchen wastewater by *Spirulina platensis* (Nordstedt) Geiteler: pigment, Producttion variable cost and nutritional value. **Maejo International Journal of Science and Technology** 2(01): 159-171.

Kay, R. D. 1986. **Farm Management: Planning, Control and Implementation.** Singapore: McGraw Hill Book Co. 401 p.

KMUTT. 2001. **Laboratory instruction: A workshop on mass cultivation of *Spirulina*.** Bangkok, Thailand: King Monkut's University of Technology, Thonburi. 15 p.

Lee, K. 1999. ***Spirulina* and immunological activity of cultured prawn.** Second Asia Pacific Psychological Forum. Chinese University of Hongkong, China, 21-25 June 1999.

Lu, J. and T. Takeuchi. 2003. Taste of Tilapia *Oreochromis niloticus* fed solely on raw *Spirulina*. **Fisheries science** 68 (1): 987 – 988.

Mohanty-Heimadi, P. and S.K. Dutta. 1968. Breeding and development of *Rana cyanophyletis*. **Jur.Bombay Nat. Hist.Soc** 76(2): 291-296.

Mc Cartney, E. 2002. The natural empire strikes back. **Poultry International Research** 3(1): 42-46.

Matson, P., Gaikhorst, G., Kappelle, W., Webb, S. and Brown, S. 2010. Enriched Diets and the Growth, Development and Survival of *Litoria moorei* (Anura) Tadpoles Reared in Captivity at low density. **Asian Herpetological Research** 1(2): 103-110.

Nishikawa, K.C. and G. Roth. 1972. The mechanism of tongue protraction during prey capture in frog Discogloossus pictus. **J. Exp. Biol** 159: 217-234.

Nagsing, P. 2003. **Handbook of commercial frog farming**. Bangkok: Phetkarat studio Limited Parthership. 111p.

Nakano, T., Yamaguchi, T., Sato, M. and Iwama, G. K. 2003. Biological effects of caroteniods in fish. pp. 155-180. In **International Seminar Effective Utilization of Marine Food Resource**. Songkhla: sansamukkhee.

Olvera-Novoa, A. Miguel and co-workers. 2004. Effect of use of soybean meal or *Spirulina* meal in artificial diets for bull frogs (*Rana catesbeiana*) tadpole. **Aquaculture 2004 abstract** 1(2): 35-37.

Pitsamai Somsueb and Malee Boonyaratpalin. 2001. Optimum protein and energy levels for the Thai native. **Thai fisheries gazette** 60 (3): 410-418.

Rubner, M. 1924. **Amphibian and Reptilien**. France: Biochem Zeitschr. 375 p.

Rishmond, A. 1986. **Handbook of Microalgal Mass Culture**. Florida: CRC Press. 528 p.

Sajeera Kuppittayanan. 2006. **Effect of Garlic (*Allium Sativum* Linn.) Supplementation on Male Characteristics in Broiler Chickens**. Nakhonratchasima: Suranaree University. 37p.

Sommer, T.R., F. M. L. D'Souz and Morrisy N. M. 1992. Pigmentation of adult rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* using the green algae *Haematococcus pluvialis*. **Aquaculture** 106: 63-74.

Simonne, A. H., Green, N. R. and Bransby, D. I. 1996. Consumer acceptability and ß-carotene content of beef as related to cattle finishing diets. **Journal of Food Science** 61: 1254-1256.

Shalaby, A. M., Y. A. Khattab and A. M. Abdel Rahman. 2006. Effects of Garlic (*Allium sativum*) and Chloramphenicol on growth performance Physiological parameter and Survival of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **J. Venom. Anim. Toxins incl. Trop. Dis** 12: 172- 201.

Saroj Khachalearn, Yaowaman Khachalearn, Pitcharat Sanchaisuriya, Saton Porntrakhulpipat, Boonta Thummaboot, Sompong Shaiput, Hreantong Boonma, Sakaowrat Namuang and Nawarat Semagun. 2003. Effect of using garlic powder instead of antibiotics in pregment pigs-feed her baby and feed on the reproductive performance of sows and growth of suckling piglets. pp. 15-37. In **Progress report of research program to develop an anti–microbial herbs and garlic to tbe food additives for poultry and swine in dustries**. Khonkaen: Khonkaen University.

Suneerat Ruangsomboon, Sukchai Choochote and Paweena Taveekijakarn. 2010. Growth performance of red tilapia (*Oreochromis niloticus* X O. *mossambicus*) fed diets containing dried *Spirulina platensis*. **Journal of Fisberies Technology Research** 4(1): 51 – 60.

Tompsom, I., Choubert, G., Hounlihan, D. F. and Secombes, C. J. 1995. The effect of dietary vitamin A and astaxanthin on the immunocompetence of rainbow trout. **Aquacult** 133(2): 91-102.

Thussuk Kumprom, Jongkol Promya, Kraengsuk Mengumphan, Niwut Whangchai and Chanagun Chitmanut. 2011. Effects of *Spirulina platensis* and *Cladophora sp.* on immunity stimulating capacity and color improvement of goldfish (*Carassius auratus*). **KKU Res**.16(6): 612-621.

Venkataraman, L.V. 1983. **A monograph on *Spirulina platensis*.** Tokyo: Central Food Technological Research Institute.

Vonshak, A. 1997. ***Spirulina platensis* (Arthospia): Physiology, cell hiology and hiotechnology**. London: Taylor & Francis. 540 p.

Vadiraja, B. B. and Madyastha, K. M. 2000. C-phycocyanin: A potent peroxyl radical scavenger in vivo and in votro. **Biochem. Biophys. Res. Com**. 275: 20-25.

Wilson, R.P. and J.E. Halver. 1986. Protein and amino acid requirements of fishes. **Ann.Rev**. 6: 244-255.

Watanuki, H. K., Ota, A. C., Malina, A. R., Tassakka, T., Kato and M. Sakai. 2006. Immunostimulant effects of dietary Spirulina platensis on carp *Cyprinus carpio*. **Aquaculture** 258: 157--163.

Yoshida, S., S. Kasuga, N. Hayashi, T. Ushiroguchi, H. Matsuura and S. Nakanawn. 1987. Antifugal activity of ajoene derived from garlic. **Appl. Environ. Microhiol**. 53: 615-617 p.

Yokoyama, H., T. Endo, H. Yajima and H. lde. 1998. Multiple digit formation in *Xenopus* limp bud recombinants. **Developmental Biol** 196(1): 1-10.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางผนวกการทดลองที่ 1 การเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และคุณภาพเนื้อของกบนา

1. การเติบโต (Growth)

ตารางผนวก 1 น้ำหนักเฉลี่ยของกบที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน

ระยะเวลา	หน่วยการทดลอง			
	ชุดควบคุม	สไปรูลิน่า	สาหร่ายไก	กระเทียม
เริ่มต้น	20.5±1.32^{ns}	22.17±1.04^{ns}	20.83±1.04^{ns}	22.00±0.50^{ns}
30 วัน	51.15±8.92^{ab}	59.39±4.46^{a}	42.67±3.14^{b}	54.63±6.85^{ab}
60 วัน	87.59±5.07^{b}	100.82±5.96^{a}	75.11±1.63^{c}	95.15±9.67^{ab}
90 วัน	111.00±2.30^{a}	113.87±7.24^{a}	89.99±6.92^{b}	94.59±11.18^{b}
120 วัน	104.94±3.14^{b}	149.00±11.79^{a}	112.07±4.92^{b}	117.62±16.90^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 2 การเติบโตเฉลี่ยตลอดการทดลองในแต่ละชุดการทดลองของกบนาที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน

การเติบโต	หน่วยการทดลอง			
	ชุดควบคุม	สไปรูลิน่า	สาหร่ายไก	กระเทียม
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม/ตัว)	84.44±4.04^{b}	126.84±11.51^{a}	91.24±5.32^{b}	95.62±17.40^{b}
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)	0.70±0.03^{b}	1.06±0.10^{a}	0.76±0.04^{b}	0.80±0.14^{b}
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์/วัน)	1.36±0.03^{b}	1.59±0.08^{a}	1.40±0.04^{b}	1.39±0.15^{b}
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (หน่วย)	2.71±0.12^{b}	4.08±0.32^{a}	2.88±0.16^{b}	3.09±0.55^{b}
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (หน่วย)	5.79±0.26^{ns}	4.27±0.16^{ns}	4.54±0.24^{ns}	5.31±1.51^{ns}
อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	51.67±7.64^{ns}	59.17±2.89^{ns}	53.33±6.29^{ns}	57.50±5.00^{ns}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2. ดัชนีความสมบูรณ์เพศ (Gonadosomatic index)

ตารางผนวก 3 ดัชนีความสมบูรณ์เพศเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองของกบนาเพศผู้และเพศเมีย ที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน

หน่วยการทดลอง	ดัชนีความสมบูรณ์เพศของกบนา (เปอร์เซ็นต์)	
	เพศผู้	เพศเมีย
ชุดควบคุม	0.05±0.01^{b}	0.45±0.03^{b}
สาหร่ายสไปรูลิน่า	0.07±0.01^{b}	0.56±0.02^{a}
สาหร่ายไก	0.07±0.01^{b}	0.32±0.06^{b}
กระเทียม	0.26±0.05^{a}	0.40±0.03^{ab}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

3. คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อและหนังกบนา

ตารางผนวก 4 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อกบนาในแต่ละชุดการทดลอง ที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า อาหารผสมสาหร่ายไก และอาหารผสมกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน

คุณค่าทางโภชนาการ	หน่วยการทดลอง			
	ชุดควบคุม	สไปรูลิน่า	สาหร่ายไก	กระเทียม
ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	5.03±0.33^{b}	6.41±0.70^{a}	4.77±0.82^{bc}	3.78±0.42^{c}
เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	4.88±0.03^{b}	5.67±0.34^{a}	4.96±0.64^{ab}	5.04±0.12^{ab}
ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	8.27±0.24^{ab}	8.22±0.54^{ab}	8.72±1.09^{a}	7.16±0.16^{b}
โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	78.55±0.04^{b}	75.15±0.27^{b}	78.95±1.19^{a}	79.09±0.29^{a}
เยื่อใย (เปอร์เซ็นต์)	6.35±0.43^{b}	7.62±0.09^{a}	7.46±0.04^{a}	7.34±0.10^{a}
คาร์โบไฮเดรต (เปอร์เซ็นต์)	1.95±0.33^{b}	3.34±0.86^{a}	0.64±0.96^{b}	1.37±0.37^{b}
แคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)	0.062±0.004^{b}	0.063±0.002^{b}	0.074±0.008^{a}	0.026±0.001^{c}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 5 คุณค่าทางโภชนาการของหนังกบนาในแต่ละชุดการทดลอง ที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า อาหารผสมสาหร่ายไก และอาหารผสมกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน

คุณค่าทางโภชนาการ	หน่วยการทดลอง			
	ชุดควบคุม	สไปรูลิน่า	สาหร่ายไก	กระเทียม
ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	3.99±0.10^{ns}	3.75±0.77^{ns}	3.65±0.47^{ns}	4.57±0.26^{ns}
เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	4.40±0.20^{b}	5.39±0.11^{a}	5.27±0.29^{a}	5.04±0.25^{a}
ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	6.69±0.32^{c}	8.91±0.20^{a}	7.75±0.48^{b}	7.64±0.17^{b}
โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	81.35±0.63^{a}	73.29±0.10^{c}	77.52±0.01^{b}	78.11±0.29^{b}
เยื่อใย (เปอร์เซ็นต์)	7.07±0.05^{ns}	7.26±0.29^{ns}	7.36±0.17^{ns}	6.65±1.44^{ns}
คาร์โบไฮเดรต (เปอร์เซ็นต์)	0.49±0.26^{c}	5.15±0.22^{a}	2.10±0.60^{b}	2.56±1.33^{b}
แคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัม/กรัม)	0.07±0.03^{b}	0.10±0.01^{a}	0.11±0.01^{a}	0.06±0.01^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4. การจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาว (Phagocytic activity)

ตารางผนวก 6 การจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาว (เปอร์เซ็นต์) ของกบที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน

หน่วยการทดลอง	การจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาว (เปอร์เซ็นต์)
ชุดควบคุม	18.28±3.29^{b}
สาหร่ายสไปรูลิน่า	44.59±8.29^{a}
สาหร่ายไก	39.97±14.97^{a}
กระเทียม	32.13±6.17^{ab}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ภาคผนวก ข

ตารางผนวกการทดลองที่ 2 การเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และต้นทุนผลตอบแทนในการผลิตกบนา

1. การเติบโต (Growth)

ตารางผนวก 7 น้ำหนักเฉลี่ยของกบที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม เป็นเวลา 120 วัน

ระยะเวลา	หน่วยการทดลอง			
	บ่อซีเมนต์	คอก	ยางรถยนต์	กระชัง
เริ่มต้น	11.89±0.05^{ns}	10.91±0.19 ^{ns}	11.90±0.82^{ns}	11.12±0.21 ^{ns}
30 วัน	39.26±5.67^{a}	21.33±4.04^{c}	30.00±2.00^{b}	37.91±2.05^{a}
60 วัน	100.54±12.55^{a}	49.89±9.09^{c}	99.41±10.89^{a}	75.81±7.93^{b}
90 วัน	134.92±21.47^{a}	77.65±7.59^{b}	146.53±38.66^{a}	120.56±4.19^{a}
120 วัน	135.45±5.06^{ab}	90.96±20.64^{b}	164.35±37.90^{a}	107.26±16.46^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวก 8 การเติบโตเฉลี่ยตลอดการทดลองในแต่ละหน่วยการทดลองของกบนาที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน

การเติบโต	หน่วยการทดลอง			
	บ่อซีเมนต์	คอก	ยางรถยนต์	กระชัง
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม/ตัว)	123.56±5.01^{ab}	80.05±20.64^{b}	152.45±38.62^{a}	96.14±16.26^{b}
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)	1.03±0.04^{ab}	0.67±0.17^{b}	1.27±0.32^{a}	0.80±0.14^{b}
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์/วัน)	2.03±0.03^{ab}	1.75±0.20^{b}	2.18±0.24^{a}	1.88±0.12^{ab}
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (หน่วย)	3.98±0.16^{ab}	2.58±0.66^{b}	4.91±1.24^{a}	3.09±0.52^{b}
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (หน่วย)	3.48±0.45^{ns}	3.15±0.91^{ns}	2.90±0.47^{ns}	3.90±0.62^{ns}
อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	75.00±5.00^{a}	11.37±2.88^{c}	34.87±2.35^{b}	76.25±7.50^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2. ดัชนีความสมบูรณ์เพศ (Gonadosomatic index)

ตารางผนวก 9 ดัชนีความสมบูรณ์เพศเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองของกบนาเพศผู้และเพศเมีย ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ คอก ยางรถยนต์ และกระชัง เป็นเวลา 120 วัน

หน่วยการทดลอง	ดัชนีความสมบูรณ์เพศของกบนา (เปอร์เซ็นต์)	
	เพศผู้	เพศเมีย
บ่อซีเมนต์	0.016 ± 0.003^{ns}	0.171 ± 0.015^{b}
คอก	0.018 ± 0.004^{ns}	0.362 ± 0.006^{a}
ยางรถยนต์	0.019 ± 0.005^{ns}	0.164 ± 0.021^{b}
กระชัง	0.012 ± 0.002^{ns}	0.380 ± 0.045^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq0.05$) และ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ภาคผนวก ค

การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการประเมินระบบภูมิคุ้มกัน

การจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาว (Phagocytic activity)

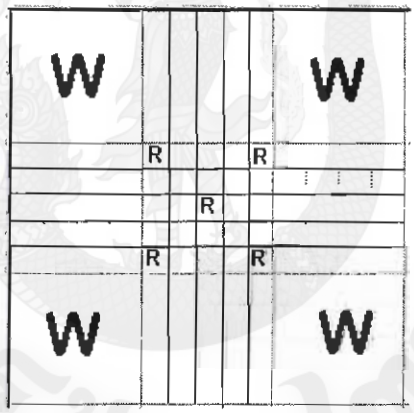
1. การเตรียม RPM 1640

1.1 ละลาย RPM1640 1 ขวด (10.4 กรัม) ในน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 900 มิลลิลิตร เติม pen/step 100x1 มิลลิลิตร

1.2 เติม $NaHCO_3$ 2 กรัม และปรับความเป็นกรด – เป็นด่างให้ได้ 7.5 (โดยใช้ NaOH 1 นอร์มอล หรือ HCl 1 นอร์มอล) ปรับปริมาตรน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร

1.3 นำสารละลายที่ได้กรองผ่านเยื่อกรองขนาด 0.22 ไมโครเมตร เก็บไว้ในขวดที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2. การนับเม็ดเลือดด้วย Hemacytometer



2.1 วาง Cover glass บน Hemacytometer ใช้ไมโครปิเปตดูดตัวอย่างเลือด 9–10 ไมโครลิตรหยดลงบน Hemacytometer รอให้เม็ดเลือดตกตะกอน ประมาณ 2 นาที

2.2 นับจำนวนเม็ดเลือดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 100 X ในช่อง R จำนวน 5 ช่อง โดยนับ 2 ครั้ง ทั้งด้านบนและด้านล่างของ Hemacytometer

2.3 การคำนวณความเข้มข้นของเม็ดเลือด

ความเข้มข้นของเม็ดเลือด = ค่าเฉลี่ยของเม็ดเลือดที่นับทั้ง 2 ครั้ง x 10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ภาคผนวก ง

วิธีการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และรงควัตถุในอาหารทดลอง เนื้อ และหนังกบ

การวิเคราะห์ความชื้น (นิวุฒิ, 2547)

ในการวิเคราะห์ทางเคมีของอาหารซึ่งสิ่งแรกที่ต้องทราบ คือ ความชื้นที่มีอยู่ในวัสดุอาหาร ดังนั้นการหาความชื้นในอาหารจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อหาค่าตัวอย่างเปียกแล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณกลับ การวิเคราะห์หาความชื้นของตัวอย่างอาหารทำได้หลายวิธี โดยวิธีวิเคราะห์ที่ง่ายสุดคือ การทำให้แห้งซึ่งเป็นวิธีที่ใช้คำนวณหาปริมาณน้ำที่สูญเสียไปหลังจากทีทำให้วัสดุแห้งแล้ว แต่ข้อเสียคือ วิธีนี้จะเป็นการยากที่จะทำให้ตัวอย่างอาหารแห้งสนิท โดยขณะทำให้แห้งอาจทำให้สารอาหารบางชนิดในตัวอย่างสูญสลายไปด้วย รวมถึงสารอื่น ๆ ที่สามารถระเหยได้นอกจากน้ำก็จะสูญเสียไปด้วย

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เตาอบแห้ง (drying oven)
2. จานอลูมิเนียม (aluminium dish)
3. โถอบแห้ง (desicator)
4. คีม (tong)
5. เครื่องชั่งไฟฟ้า (analytical balance)
6. ช้อนตักสาร
7. ตัวอย่างอาหาร

วิธีการ

1. นำขวดชั่งไปอบจนได้น้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำเอามาชั่งน้ำหนักและจดน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

2. ตักตัวอย่างอาหารใส่ขวดชั่ง ประมาณ 2-3 กรัม ทำการชั่งน้ำหนักแล้วจดน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

3. นำขวดชั่งที่บรรจุตัวอย่างอาหารไปอบในตู้ที่มีอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในระหว่างอบจะต้องเปิดฝาชั่ง

4. นำขวดชั่งออกจากตู้อบ แล้วนำไปใส่โถอบแห้งทิ้งไว้ให้เย็น ปิดฝาขวดชั่งแล้วนำไปชั่งและจดน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

5. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น = $\frac{(ก - ข) \times 100}{ค}$

เมื่อ ก = น้ำหนักขวดชั่งรวมตัวอย่างก่อนอบแห้ง

ข = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบแห้งจนได้น้ำหนักที่แน่นอน

ค = น้ำหนักตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

การวิเคราะห์หาเถ้า (นิวุฒิ, 2547)

เถ้า (Ash) หมายถึง ปริมาณสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหาร หลังจากที่เผาผลาญสารอินทรีย์หมดแล้ว ในการวิเคราะห์มักใช้ความร้อนในการเผาลาญสารอินทรีย์ ดังนั้น ค่าเถ้าที่ได้จึงไม่จำเป็นต้องเท่ากับปริมาณสารเกลือแร่ทั้งหมดที่อยู่ในคอนแรก สารอนินทรีย์หรือเกลือแร่บางส่วนอาจสูญเสียไปโดยการระเหยเพราะความร้อนที่ใช้ในการระเหยเพราะความร้อนที่ใช้ในการเผานั่นเอง ค่าเถ้าที่จึงเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของสารอาหารนั้น ๆ

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ถ้วยกระเบื้อง(dish crucible)หรือfoil
2. โถอบแห้ง (desiccators)
3. เตาเผา (muffle furnace)
4. แผ่นความร้อน (hot plate)
5. ตู้ควัน (fume cupboard)
6. คีม (tong)
7. เครื่องชั่งไฟฟ้า((analytical balance)
8. ช้อนตักสาร
9. ตัวอย่างอาหาร

วิธีการ

1. ทำเครื่องหมายบนถ้วยกระเบื้องที่ใส่ตัวอย่าง โดยอาจเขียนหมายเลขกำกับไว้ตามลำดับของตัวอย่างอาหาร ไปเผาในอุณหภูมิ 550 – 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

2. นำถ้วยกระเบื้องที่เผาเรียบร้อยแล้วออกจากเตาเผา ตั้งทิ้งไว้สักครู่บนแผ่นกระเบื้องเคลือบ แล้วนำไปตั้งให้เย็นในอบแห้ง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้ (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

3. ตักตัวอย่างอาหารใส่ในถ้วยกระเบื้องประมาณ 1-2 กรัม ทำการชั่งน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) และจดบันทึกไว้

4. นำถ้วยกระเบื้องพร้อมตัวอย่างไปเผาบนแผ่นความร้อนในตู้ดูดควันจนกระทั่งหมดควัน

5. นำถ้วยกระเบื้องพร้อมตัวอย่างไปเผาในเตาเผาที่มีอุณหภูมิ 550 – 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนเถ้ามีสีขาว นำถ้วยกระเบื้องที่เผาเรียบร้อยแล้วออกมาตั้งทิ้งไว้สักครู่บนแผ่นกระเบื้องเคลือบแล้วนำไปตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถอบแห้ง เสร็จแล้วนำไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้ (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) หมายเหตุหากถ้ายังไม่ขาว (แสดงว่ายังมีคาร์บอนเหลืออยู่) ให้นำถ้วยกระเบื้องมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นบนแผ่นกระเบื้องเคลือบ แล้วหยดสารละลายแอมโมเนียมคาร์บอเนต 4-5 หยดเพื่อให้เกิดความชื้น จากนั้นนำไประเหยให้แห้งบนแผ่นความร้อน แล้วนำไปเผาต่อจนได้เถ้าสีขาว

6. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์เถ้าทั้งหมด $= \frac{(ก - ข) \times 100}{ค}$

เมื่อเมื่อ ก = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องรวมตัวอย่างหลังเผา

ข = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องหลงเผา

ค = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

การวิเคราะห์หาโปรตีน (นิวุฒิ, 2547)

การวิเคราะห์หาระดับโปรตีนในอาหาร ทำได้โดยการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในสารอาหารนั้นๆ เนื่องจากไนโตรเจนในสารอาหารส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของโปรตีน ซึ่งปกติในโปรตีนจะมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ 16 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อทราบปริมาณไนโตรเจนที่ได้จะต้องคูณด้วย 6.25 ถึงจะได้ค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนของอาหารที่นำมาวิเคราะห์ วิธีวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดทำได้โดยการเปลี่ยนไนโตรเจนที่มีอยู่ในอาหารให้กลายเป็น H_2SO_4 โดยนำตัวอย่างอาหารไปย่อยใน H_2SO_4 เข้มข้น จากนั้นเติมสารละลาย NaOH เข้มข้นเพื่อให้ไนโตรเจนเปลี่ยนไปอยู่ในรูป NH_3 แล้วนำมากลั่นเพื่อให้เกิดก๊าซ NH,ระเหยออกมา โดยทำการจับก๊าซ NH_3 ด้วยสารละลาย NaOH ที่ทำให้เป็นกลางด้วยปริมาณของที่ได้จากไนโตรเจนในอาหาร จากนั้นคำนวณหาปริมาณของไนโตรเจนได้ตามต้องการ

ขั้นตอนการวิเคราะห์หาโปรดีน สามารถแยกออกเป็น 4 ขั้นตอน

1. O.M. + H_2SO_4 $\xrightarrow[\text{cat}]{}$ $(NH4)_2SO_4 + CO_2 + H_2O$ (digestion)
2. $NaOH + (NH_4)_2SO_4 \longrightarrow NH_3 + Na_2SO_4$ (distillation)
3. $2NH_3 + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4$ (fixation)
4. $H_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + H_2O$ (titration)

สารเคมี

1. สารเร่งปฏิกิริยา Sodium sulfate : Copper sulfate อัตรา 20 : 1 หรือ Potassium sulfate : Copper sulfate อัตรา 15 : 1
2. Screened methyl ref indicator ละลาย Methylene blue 0.1 กรัม ใน Ethanol 96 % 100 มิลลิลิตร
3. NaOH (เข้มข้น 45%)
4. H_2SO_4 เข้มข้น
5. H_2SO_4 มาตรฐาน (0.1 N)
6. NaOH มาตรฐาน (0.1 N)
7. ลูกแก้ว
8. ตัวอย่างอาหาร

อุปกรณ์

1. เครื่องทำความร้อน
2. เครื่องกลั่น
3. Kjeldahl flask ขนาด 800 มิลลิลิตร
4. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. กระบอกตวง ขนาด 100 และ 500 มิลลิลิตร
6. ปิเปต ขนาด 25 และ 50 มิลลิลิตร
7. บิวเรต
8. เครื่องชั่ง
9. กระบอกฉีดพร้อมน้ำกลั่น
10. กระดาษรอง

วิธีการ

1. ทำการชั่งตัวอย่างอาหาร (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) บนกระดาษกรอง (โดยตัวอย่างอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงใช้ 0.5 – 1 กรัม และระดับโปรตีนต่ำใช้ 1-2 กรัม) แล้วห่ออาหารด้วยกระดาษกรองและพับใส่ Kjeldahl flask แล้วเติมสารเร่งปฏิกิริยาประมาณ 2-3 ช้อน และลูกแก้ว 2 ลูก แล้วเติม H_2SO_4 เข้มข้น จำนวน 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน (โดยต้องทำ Blank พร้อมกันไปด้วย)

2. ทำการย่อยตัวอย่างอาหาร โดยนำ Kjeldahl flask ไปวางตรงกับเครื่องทำความร้อน เปิดเครื่องดูดอากาศของ hoot ให้ความร้อนน้อยๆ ก่อนจนลูกแก้วหยุดกระเด็น จึงให้ความร้อนเต็มที่ ระหว่างการย่อยให้หมุน Kjeldahl flask เป็นครั้งคราว ทำการย่อยจนสารละลายมีสีเขียวใส

3. ปิดเครื่องทำความร้อน จากนั้นปล่อยทิ้งไว้ให้ Kjeldahl flask เย็น (หากบริเวณคอ Kjeldahl flask มีจุดสีดำ เกาะติดอยู่ให้ใช้น้ำกลั่นล้างลงไปแล้วย่อยต่อจนใสทิ้งไว้ให้เย็น) จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไป 500 มิลลิลิตร

4. เติมสารละลาย H_2SO_4 มาตรฐาน (0.1 N) จำนวน 50 มิลลิลิตร ในขวนรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วเติม Screened methyl ref indicator 4 หยด นำมาต่อเข้ากับปลายเครื่องกลั่น โดยให้ปลายของท่อกลั่นจุ่มในสารละลาย เปิดน้ำผ่านเครื่องควบแน่นของเครื่องกลั่น

5. นำ Kjeldahl flask ที่ย่อยแล้วมาเติมสารละลาย NaOH (เข้มข้น 45 เปอร์เซ็นต์) จำนวน 80 มิลลิลิตร โดยเติมลงไปช้าๆ แล้วนำไปต่อเข้ากับเครื่องกลั่นทันที เขย่าเป็นรูปวงกลมให้สารละลายเข้ากัน

6. เปิดเครื่องทำความร้อนของเครื่องกลั้น จนแอมโมเนียถูกกลั่นออกมาประมาณ 150 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ จากนั้นเลื่อนขวดรูปชมพู่ออกจากปลายเครื่องกลั่น โดยให้ปรายท่ออยู่เหนือสารละลาย ใช้น้ำกลั่นล้างปลายท่อ จากนั้นนำขวดรูปชมพู่ออกแล้วใสขวดรูปชมพู่ที่มีน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ลงไปแทน (เพื่อให้เครื่องกลั่นดูดทำความสะอาดเอง)ปิดเครื่องทำความร้อนเฉพาะเตา

7. นำสารละลายที่ได้ (สีไวท์แดง) มาไตรเตรตกับสารละลาย NaOH มาตรฐาน (0.1 N) จนสารละลายเป็นสีเขียวใส

8. การคำนวณ

NaOH จำนวน 1 มิลลิลิตร มาตรฐาน 0.1 N ทำปฏิกิริยาได้พอดีกับไนโตรเจน 0.014 กรัม

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(\text{ข} - \text{ก}) \times 0.014 \times \text{ค} \times 100}{\text{ต}}$$

เมื่อ ก = มิลลิลิตรของ NaOH มาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรตสารละลายจากตัวอย่าง

ข = มิลลิลิตรของ NaOH มาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรตสารละลายจาก Blank

ค = ความเข้มข้นสารละลาย NaOH มาตรฐานที่ใช้

ต = ตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

ดังนั้นเปอร์เซ็นต์ Crude protein = เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน × 6.25

การวิเคราะห์ไขมัน (นิวุฒิ, 2547)

การวิเคราะห์หาไขมัน (Ether extract หรือ Crude fat) สามารถทำได้ด้วยการสกัดตัวอย่างอาหารโดยใช้ตัวทำละลายไขมันที่เป็นสารละลายประเภท Organic solven ตัวใดตัวหนึ่ง เช่น petroleum ether, hexane, dichloromethane และ benzene เป็นต้น โดยใช้ชุดอุปกรณ์ที่เรียกว่า Soxhlet extract ต่อเข้ากับระบบเครื่องทำความร้อนและเครื่องควบแน่น (Condenser) แต่ต้องเปิดระบบน้ำไว้เพื่อช่วยให้เกิดการควบแน่น ซึ่งอุปกรณ์ครบชุดทั้งหมดนี้เรียกว่า Extraction apparatus โดยส่วนของสัตว์ที่สามารถละลายได้ในตัวทำละลาย ได้แก่ fat , oils และ waxes ส่วนในพืชได้แก่ carotene , chlorophyll และ sterol

สารเคมี

Petroleum ether หรือ hexane หรือ dichloromethane

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. นำขวดก้นแบนไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำขวดก้นแบนที่อบแล้วมาวางทิ้งไว้ให้เย็นในโถอบแห้งชั่งน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) และจดบันทึกไว้ (เขียนหมายเลขกำกับ)

2. ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 2 กรัม บนกระดาษกรองและจดบันทึกน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ทำการห่อตัวอย่างด้วยกระดาษกรองแล้วใส่ลงในThimble แล้วปิดด้วยสำลีบางๆ นำ Thimble ไปใสใน Soxhlet และต่อ Soxhlet เข้ากับเครื่องควบแน่น

3. เติม Petroleum ether, hexane, dichloromethane โดยเลือกใช้ตัวใดตัวหนึ่ง เติมลงขวดก้นแบนประมาณ 2 ใน 3 ของขวด นำมาต่อเข้ากับ Soxhlet และเครื่องให้ความร้อน

4. เปิดระบบน้ำให้ผ่านเครื่องควบแน่น และเปิดเครื่องให้ความร้อน ใช้ความร้อนประมาณ 20 – 30 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการสกัดเป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง

5. ทำการถ่ายสารละลายออกจาก Soxhletโดยให้เหลือสารละลายอยู่ในขวดก้นแบนให้น้อยที่สุด และถอด Soxhlet ออกจากขวดก้นแบนและเครื่องควบแน่น วางขวดก้นแบนไว้บนแผ่นความร้อนจนเกือบแห้งสนิท

6. นำขวดก้นแบนมาอบให้แห้งในตูอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำขวดก้นแบนที่อบเรียบร้อยแล้วมาวางทิ้งไว้ให้เย็นในโถอบแห้ง ทำการชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้ (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

7. การคำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมัน $= \frac{(ข - ก) \times 100}{ค}$

เมื่อ ก = น้ำหนักขวดก้นแบน

ข = น้ำหนักขวดก้นแบนหลังสกัดไขมันและอบแห้ง

ค = น้ำหนักตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

การวิเคราะห์หาเยื่อใย (นิวุฒิ, 2547)

การวิเคราะห์หาเยื่อใยของวัตถุดิบสามารถทำได้โดยการตัวอย่างด้วยกรดซัลฟูลิก (H_2SO_4) ที่ความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที เมื่อต้มตัวอย่างเรียบร้อยแล้วให้นำตัวอย่างไปกรองจนแห้งสนิท จากนั้นนำกากตัวอย่างที่ได้มาต้มอีกครั้งด้วยบโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที นำตัวอย่างมากรองอีกครั้งแล้วนำกากที่ได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วทำการชั่งน้ำหนักของตัวอย่าง จากนั้นนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส แล้วทำการชั่งน้ำหนักส่วนที่เหลือ ซึ่งน้ำหนักที่ได้นี้จะนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เยื่อใย โดยส่วนที่หายไปนั้นคือเยื่อใยหยาบ (Crude fiber) ซึ่งประกอบด้วย Hemi cellulose, cellulose และ lignin

สารเคมี

1. กรด H_2SO_4 (เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์)
2. ด่าง NaOH (เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์)
3. Acetone หรือแอลกอฮอล์
4. Antifoam

อุปกรณ์

1. เครื่องให้ความร้อนและเครื่องควบแน่น (Condenser)
2. ถ้วยแก้วกรอง
3. ตู้อบ
4. เตาเผา
5. โถอบแห้ง
6. คีม
7. เครื่องต้มน้ำพร้อมอุปกรณ์
8. กระบอกฉีดน้ำ
9. เครื่องชั่งไฟฟ้า
10. ตัวอย่างอาหาร (ที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้ว)

วิธีการ

1. นำถ้วยแก้วกรองไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้น้ำหนักของถ้วยแก้วกรองที่แน่นอนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำออกมาวางให้เย็นในโถอบแห้ง

2. การชั่งน้ำหนักถ้วยแก้วกรองโดยจดบันทึกไว้ (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) นำตัวอย่างอาหารที่วิเคราะห์ใส่ลงในถ้วยแก้วกรอง ชั่งน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) และจดบันทึกไว้

3. นำถ้วยแก้วกรองไปต่อกับเครื่องให้ความร้อนและเครื่องควบแน่น แล้วจึงทำการเติมกรด H_2SO_4 (เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์) จำนวน 150 มิลลิลิตร ลงในท่อ Condenser เปิดน้ำให้ไหลผ่านเครื่องควบแน่น แล้วทำการเปิดเครื่อง ทำการต้มตัวอย่างด้วยกรด H_2SO_4 (เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์) เป็นเวลา 30 นาที (โดยทำการจับเวลาขณะที่สารละลายเดือด) เติม Antifoam 3–5 หยด (เพื่อป้องกันการเกิดฟอง)

4. กรองสารละลายออกโดยกดที่ปุ่ม Vacuum ด้านข้างพร้อมปรับปุ่มไปที่ Vacuum ตรงด้านล่างถ้วยกรองแก้วจนสารละลายแห้งสนิท จากนั้นใช้น้ำร้อนที่เตรียมไว้ด้านล้างลงไปประมาณ 3 ครั้ง (จนหมดกรด) แล้วจึงทำการปิดที่ปุ่ม Vacuum ด้านข้างพร้อมปรับปุ่ม Vacuum ไปที่ Closes

5. เติมด่าง NaOH (เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์) จำนวน 150 มิลลิลิตร ลงในท่อ Condenser ทำการต้มตัวอย่างด้วยด่าง NaOH (เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์) เป็นเวลา 30 นาที (โดยทำการจับเวลาขณะที่สารละลายเดือด) เติม Antifoam 3–5 หยด (เพื่อป้องกันการเกิดฟอง)

6. กรองสารละลายออกโดยกดที่ปุ่ม Vacuum ด้านข้างพร้อมปรับปุ่มไปที่ Vacuum ตรงด้านล่างถ้วยกรองแก้วจนสารละลายแห้งสนิท จากนั้นใช้น้ำร้อนที่เตรียมไว้ด้านล้างลงไปประมาณ 3 ครั้ง (จนหมดด่าง) และล้างด้วยน้ำเย็น 1 ครั้ง แล้วใช้แอลกอฮอล์หรืออะซิโดนล้างอีก 1 ครั้ง เพื่อไล่น้ำออก จากนั้นทำการปิดที่ปุ่ม Vacuum ด้านข้างพร้อมปรับปุ่ม Vacuum ไปที่ Closes

7. นำถ้วยแก้วกรองออกจากเครื่องกรองโดยปรับคันโยก (ระวังอย่าให้ถ้วยแก้วกรองหล่น โดยการใช้เหล็กบังก่อน) จากนั้นใช้คีมจับออกมานำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำออกมาวางทิ้งไว้ให้เย็นในโถอบแห้งจนเย็น ชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้

8. จากนั้นนำไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 – 600 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง นำออกมาทิ้งไว้ให้เย็นในกระเบื้องเคลือบก่อนแล้วเก็บไว้ในโถอบแห้งจนเย็น ชั่งน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) และจดบันทึกไว้

9. การคำนวณเปอร์เซ็นต์เยื่อใย = $\frac{(ข - ก) \times 100}{ค}$

เมื่อ ก = น้ำหนักถ้วยแก้วกรอง + กากหลังอบ

ข = น้ำหนักถ้วยแก้วกรอง + กากหลังอบและหลังเผา

ค = น้ำหนักตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

การหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก; คาร์โบไฮเดรต (นิวุฒิ, 2547)

คำนวณเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต = 100 – ก – ข – ค – ง

เมื่อ ก = เปอร์เซ็นต์เถ้าของตัวอย่าง

ข = เปอร์เซ็นต์โปรตีนของตัวอย่าง

ค = เปอร์เซ็นต์ไขมันของตัวอย่าง

ง = เปอร์เซ็นต์เยื่อใยของตัวอย่าง

การวิเคราะห์ปริมาณคาโรทีนอยด์ในอาหารทดลอง เนื้อ และหนังกบ (KMUTT, 2001)

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ตัวอย่างอาหาร เนื้อ หรือหนังกบ
2. บีกเกอร์ขนาด 50 และ 1,000 มิลลิลิตร
3. จานเพาะเชื้อ
4. หลอดทดลอง
5. กระบอกตวงขนาด 10 และ 50 มิลลิลิตร
6. ปิเปตขนาด 5 มิลลิลิตร
7. แท่งแก้วคนสาร
8. เครื่องชั่งน้ำหนัก
9. เครื่อง Spectrophotometer
10. เครื่อง Centrifuge
11. เครื่อง Sonicator
12. เครื่อง Warter bath ที่อุณหภูมิ 50 °C
13. 90 เปอร์เซ็นต์ และ 95 เปอร์เซ็นต์ Ethanol
14. 60 เปอร์เซ็นต์ KOH
15. Diethyl Ether
16. 9 เปอร์เซ็นต์ NaCl

17. Sodium sulphate anhydrous

18. 90 เปอร์เซ็นต์ Acetone

19. Ethyl acetate

20. น้ำกลั่น

วิธีการ

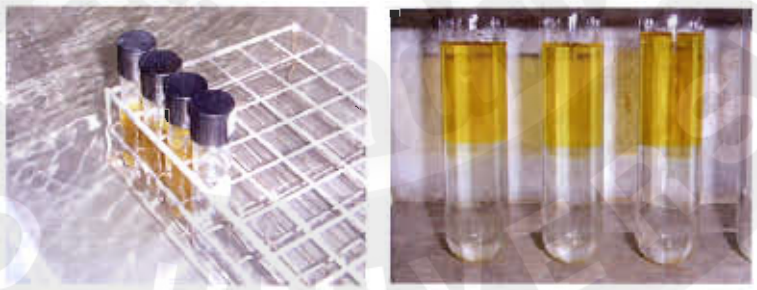
การวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ โดยนำตัวอย่างที่อบและบดเรียบร้อยแล้วมาวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์ ตามวิธีการของ KMUTT (2001) ดังนี้

1. ใส่ตัวอย่างบดแห้งปริมาณ 0.02 g ลงในบีกเกอร์ ขนาด 50 ml

2. เติม 90% ethanol ปริมาตร 10 ml เติม 60% KOH ปริมาตร 1 ml เพื่อตึงเซลล์ จากนั้นนำไปทำให้เซลล์แตกด้วยเครื่อง sonicator นาน 5 นาที

3. นำไปแช่ใน water bath อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพื่อทำการสกัดเอารงควัตถุออกจากเซลล์ แล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ก่อนนำไปปั่นแยกเซลล์ด้วยเครื่อง centrifuge ที่ 3,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที เก็บสารละลายสีเหลืองที่ได้ใส่ในหลอดทดลอง หุ้มด้วยกระดาษฟลอยด์ เพื่อป้องกันการถูกละลายจากแสง

4. เทสารละลายสีเหลืองที่ได้ลง Kjeldahl flask เติม Diethyl Ether ปริมาตร 15 ml และ 9% NaCl ปริมาตร 15 ml เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้จนแยกชั้นสีเหลืองและสีใส โดยที่สารละลายสีใสจะอยู่ชั้นล่าง



ภาพผนวก 1 นำสารละลายไปแช่ใน water bath และการแยกชั้นของสารละลายสีเหลืองและสีใส

5. ใช้ปิเปตดูดเอาสารละลายสีใสทิ้งไป เหลือแต่ชั้นสีเหลืองของแคโรทีนอยด์ แล้วเติม 9% NaCl ปริมาตร 15 ml เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้จนแยกชั้นสีใสและสีเหลือง จากนั้นใช้ปิเปตดูดเอาสารละลายสีใสที่อยู่ชั้นล่างทิ้งไป

6. นำสารละลายสีเหลืองใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 ml แล้วปรับปริมาตรด้วย Diethyl Ether จนได้ปริมาตร 25 ml จากนั้นเติม Sodium sulphate anhydrous เพื่อเป็นการกำจัดน้ำที่เหลือแล้วเทลงหลอดทดลองที่หุ้มด้วยกระดาษฟลอยด์เพื่อป้องกันการถูกทำลายด้วยแสง

7. นำสารละลายสีเหลืองที่สกัดได้ไปทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 nm. แล้วบันทึกผล

8. คำนวณปริมาณแคโรทีนอยด์จากสูตร

$$\text{ปริมาณแคโรทีนอยด์ (mg/g cell dry weight)} = \frac{A_{250} \text{ X } 25 \text{ X } 1000}{260 \text{ x mg cell dry wt.}}$$

ภาคผนวก จ

ภาพผนวกต่างๆ ของงานวิจัย

ภาพผนวก 2 บ่อซีเมนต์กลมที่ใช้ในการทดลองที่ 1

ภาพผนวก 3 กบนาเริ่มต้นการทดลอง และสภาพแวดล้อมภายในบ่อ

ภาพผนวก 4 อาหารทดลองที่ผสมสาหร่าย สไปรูลิน่า สาหร่ายไก และกระเทียม 5 เปอร์เซ็นต์

ภาพผนวก 5 กบทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 1 เป็นเวลา 120 วัน

ภาพผนวก 6 ขากบนาที่นำมาทดสอบคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อและหนังกบนา

ภาพผนวก 7 อัณฑะของกบนาเพศผู้ที่ได้รับอาหารผสมที่แตกต่างกัน

ภาพผนวก 8 รูปแบบการเลี้ยงกบนาในบ่อซีเมนต์กลม

ภาพผนวก 9 รูปแบบการเลี้ยงกบนาในยางรถยนต์ (คอนโด)

ภาพผนวก 10 รูปแบบการเลี้ยงกบนาในคอก

ภาพผนวก 11 รูปแบบการเลี้ยงกบนาในกระชัง

ภาพผนวก 12 กบนาเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยรูปแบบการเลี้ยงที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 120 วัน

ภาพผนวก 13 อัณฑะและรังไข่ของกบนาเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยรูปแบบการเลี้ยงที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 120 วัน

ภาคผนวก ฉ

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายเทพพิทักษ์ บุญทา

เกิดเมื่อ 6 มีนาคม พ.ศ. 2528

ภูมิลำเนา บ้านเลขที่ 101 หมู่ 7 ตำบลควร อำเภอปง จังหวัดพะเยา 56140

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2546 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนขุนควรวิทยาคม ตำบลขุนควร อำเภอปง จังหวัดพะเยา

พ.ศ. 2550 ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (การประมง) มหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาเขตสารสนเทศพะเยา

ผลงานทางวิชาการ

เทพพิทักษ์ บุญทา, จารุวัฒน์ ผึ้งทอง และ จงกล พรมยะ. 2552. การเติบโตของกบนาที่เลี้ยงในรูปแบบต่างกัน. น. 35-37. <u>ใน</u> **งานการประชุมวิชาการประมง** ครั้งที่ 4 ระหว่างวันที่ 8-9 ธันวาคม 2552 คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่.

เทพพิทักษ์ บุญทา, ชนกันต์ จิตมนัส และ จงกล พรมยะ. 2555. ผลของอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลิน่า (*Spirulina platensis*) สาหร่ายไก (*Cladophora* sp.) และกระเทียม (*Allium sativum*, Linn) ต่อการเติบโต ความสมบูรณ์เพศ และการประเมินภูมิคุ้มกันในกบนา (*Rana rugulosa*, Weigmann). **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง** 6,1 (มกราคม-มิถุนายน): 23-35.

เทพพิทักษ์ บุญทา, ณัฏฐกานต์ มุกดาจตุรพักตร์, จงกล พรมยะ และ ชนกันต์ จิตมนัส. 2555. ผลของรูปแบบการเลี้ยงต่อการเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และต้นทุนผลตอบแทนของกบนา (*Rana rugulosa*, Weigmann). น. 13-15. <u>ใน</u> **งานการประชุมวิชาการประมง** ครั้งที่ 7 วันที่ 6 ธันวาคม 2555 ณ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่.