



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตและการใช้ไข่น้ำเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ปีก

**The Production of Water Meal (*Wolffia* spp.) and Its Utilization as Protein Source
in Poultry Diets**

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาณัติ จันทร์ถิระติกุล และคณะ

พฤษภาคม พ.ศ. 2553

สัญญาเลขที่ MRG5180137

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตและการใช้ไข่ห้ำเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ปีก

**The Production of Water Meal (*Wolffia* spp.) and Its Utilization as Protein Source
in Poultry Diets**

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาณัติ จันทร์ถิระติกุล

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรรพรรณ ชินราศรี

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิเดช แสงดี

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ดร. ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ดร. อุดมลักษณ์ มณีโชติ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และสกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไข่น้ำ (*Wolffia globosa* (L) Wimm.) จากแหล่งเพาะเลี้ยงเชิงการค้า ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ และหาระดับที่เหมาะสมของการใช้ไข่น้ำเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์ปีก ผลการทดลองพบว่า ไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงเชิงการค้ามีโปรตีน 29.61 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง และมีกรดอะมิโนส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับกากถั่วเหลือง ไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงในช่วงฤดูหนาวมีระดับแร่ธาตุต่ำกว่า ($P < 0.05$) ไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ คือ ความเข้มข้นของปุ๋ย ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ และความเข้มแสง โดยความเข้มข้นของปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 เท่ากับ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 และความเข้มแสงเท่ากับ 8,000-15,000 ลักซ์ เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ การศึกษาการใช้ไข่น้ำเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์ปีกพบว่า โปรตีนจากไข่น้ำสามารถใช้ทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองได้ 75, ต่ำกว่า 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่ไข่ ไก่กระທ และนกกกระทา ตามลำดับ นอกจากนี้ไข่น้ำยังเป็นแหล่งสารสัรรมชาติที่ดีสำหรับสัตว์ปีก

คำหลัก: ไข่น้ำ โปรตีนทดแทน ไก่ไข่ ไก่กระທ นกกกระทา

ABSTRACT

The objectives of this research project were to analyze chemical composition of cultivated Water meal (*Wolffia globosa* (L) Wimm.), to study on factors affecting growth rate of Water meal and to determine the optimal levels of utilization of Water meal as crude protein (CP) replacement for CP from soybean meal (SBM) in poultry diets. The findings revealed that cultivated Water meal contained 29.61 gCP/100 gDM and amino acid profiles of Water meal and SBM were not much different. Mineral content of Water meal cultivated in winter was lower ($P<0.05$) than that of Water meal cultivated in summer and rainy season. Factors affecting growth rate of Water meal were fertilizer concentration, water pH and light intensity. Water meal grew rapidly when subjected to 400 mg N-P-K fertilizer/L, pH 5 of water and 8,000-15,000 lux of light intensity. The study on utilization of Water meal as CP replacement for CP from SBM in poultry diets demonstrated that CP from Water meal could replace CP from SBM at 75, less than 25 and 50 % in the diets of laying hen, broiler and quail, respectively. Furthermore, Water meal was a good source of natural pigment for poultry.

Keywords: Water meal, Protein replacement, Laying hen, Broiler, Quail

หน้าสรุปโครงการ (Executive Summary)

โครงการการผลิตและการใช้ไข่ไก่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ปีก มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไข่ไก่ (*Wolffia globosa* (L) Wimm.) จากแหล่งเพาะเลี้ยงเชิงการค้า ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่ไก่ และหาระดับที่เหมาะสมของการใช้ไข่ไก่เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์ปีก ประกอบด้วยทดลอง 4 การทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่ไก่ ซึ่งมี 2 การทดลองย่อย คือ การทดลองย่อยที่ 1.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไข่ไก่ในฟาร์มผลิตไข่ไก่เชิงการค้า และการทดลองย่อยที่ 1.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่ไก่ ผลการทดลองพบว่าไข่ไก่ที่เพาะเลี้ยงเชิงการค้า มีโปรตีนประมาณ 29.61 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดอะมิโนส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับกากถั่วเหลือง ถูกลูกกลืนได้ดีโดยสัตว์ในไข่ไก่ ความเข้มข้นของปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 เท่ากับ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5 และความเข้มข้นเท่ากับ 8,000-15,000 ลักซ์ เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่ไก่

การทดลองที่ 2, 3 และ 4 ศึกษาการใช้ไข่ไก่เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่ไข่ ไก่กระต๊อและนกกระทา ผลการทดลองสรุปได้ว่า สามารถใช้โปรตีนจากไข่ไก่ทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารไก่ไข่ ไก่กระต๊อและนกกระทาได้เท่ากับ 75 ต่ำกว่า 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

โครงการวิจัยนี้มีผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ จำนวน 1 เรื่อง นำเสนอในที่ประชุมวิชาการนานาชาติจำนวน 1 เรื่อง (ภาคผนวก) ดังต่อไปนี้

- Chantiratikul, A., O. Chinrasri, P. Chantiratikul, A. Sangdee, U. Maneechote and C. Bunchasak.** 2010. Effect of replacement of protein from soybean meal with protein from *Wolffia* meal (*Wolffia globosa* (L). Wimm.) on performance and egg production in laying hens. *International Journal of Poultry Science* 9 (3): 283-287.
- Chantiratikul A., O. Chinrasri and C. Bunchasak.** 2009. Utilization of wolffia meal (*Wolffia globosa* (L). Wimm.) as protein replacement in laying hen diets. The 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. 8th-11th November 2009. Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 225-226.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ชัยภูมิ ปัญชาศักดิ์ สำหรับการเป็น นักวิจัยที่ปรึกษา คุณลุงบัวเรียน ภูบุญเดิม ที่อนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่าง ไข่น้ำ นิสิตสาขาวิชาสัตวศาสตร์ สาขาวิชาเคมี และสาขาวิชาชีววิทยาที่ช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ จนเสร็จลุล่วง ขอขอบคุณสาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์และสัตวศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทดลอง เครื่องมือและ อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

พฤษภาคม 2553

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
หน้าสรุปโครงการ (Executive Summary)	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
บทที่ 3 การทดลองที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสภาวะที่เหมาะสม ต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ	12
บทที่ 4 การทดลองที่ 2 การใช้ไข่น้ำเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลือง ในอาหารไก่ไข่	37
บทที่ 5 การทดลองที่ 3 การใช้ไข่น้ำเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลือง ในอาหารไก่เนื้อ	44
บทที่ 6 การทดลองที่ 4 การใช้ไข่น้ำเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลือง ในอาหารนกกระทา	52
บทที่ 7 สรุปและข้อเสนอแนะ	62
เอกสารอ้างอิง	63
ภาคผนวก	69

สารบัญตาราง

Table	หน้า
2.1 Chemical composition (% DM) of Water meal	7
3.1 Chemical composition and amino acid profile of cultivated Water meal	14
3.2 The mineral profile of cultivated Water mea in different seasons	15
3.3 Hoagland's E-medium	18
3.4 Composition of Micronutrient Solution	18
3.5 Composition of Fe•EDTA Solution	18
3.6 Increasing of number of fronds of Water meal cultivated on different pH Hoagland'E-Medium for 15 days	24
3.7 Fresh and dry weights (g±SD) of Water meal cultivated on different pH Hoagland'E-medium for 15 days	26
3.8 Increasing of number of fronds cultivated on Hoagland'E-medium containing different concentrations of N-P-K fertilizer (15-15-15) for 10 days	27
3.9 Fresh and dry weights (g±SD) of Water meal cultivated on Hoagland' E-medium containing different concentrations of N-P-K fertilizer for 10 days	29
3.10 Increasing of number of frond of Water meal cultivated on Hoagland'E-medium with different light intensity for 15 days	30
3.11 Fresh and dry weights (g±SD) of Water meal cultivated on Hoagland'E-medium with different light intensity for 10 days	32
3.12 Fresh and dry weights (g±SD) of Water meal cultivated on water pipe containing 400 mg/L of N-P-K fertilizer (15-15-15) with different pH for 10 days	33
3.13 Fresh and dry weights (g±SD) of Water meal cultivated on water pipe containing different concentrations of N-P-K fertilizer (mg/L) for 10 days	35
4.1 Feed ingredient (kg/100kg) and chemical composition (g/100g DM) of dietary treatments	39
4.2 Feed intake, CP intake, ME intake and feed conversion rate of laying hens fed diets containing different levels of protein replacement from Water meal	41
4.3 Egg production and egg quality of laying hens fed diets containing different levels of protein replacement from Water meal	41

สารบัญตาราง (ต่อ)

Table	หน้า
5.1 Feed ingredient and nutrient composition of broiler diets in starter period	46
5.2 Feed ingredient and nutrient composition of broiler diets in grower period	47
5.3 Effect of replacing protein from soybean meal with protein from Wolffia meal on productive performance in broilers	49
5.4 Effect of replacing protein from soybean meal with protein from Wolffia meal on carcass characteristics and skin colour in broilers	50
6.1 Feed ingredient and nutrient composition of quail diets in starter period	54
6.2 Feed ingredient and nutrient composition of quail diets in grower period	55
6.3 Feed ingredient and nutrient composition of laying quail diets	56
6.4 Effect of replacing protein from soybean meal with protein from Water meal on feed intake, growth performance and feed efficiency in quails	58
6.5 Effects of replacement of protein from soybean meal with protein from Water meal on carcass dressing, carcass characteristics, organ proportions and breast skin colour in quails	59
6.6 Effect of replacing protein from soybean meal with protein from Water meal on performance, egg production and egg quality in laying quails	60

สารบัญภาพ

Figure	หน้า
2.1 Characteristics of Water meal species	4
3.1 Increasing of number of fronds of Water meal cultivated on Hoagland'E-Medium for 15 days	22
3.2 Fresh and dry weights of Water meal cultivated on Hoagland'E-medium for 15 days	23
3.3 Increasing of number of fronds of Water meal cultivated on different pH Hoagland'E-Medium for 15 days	24
3.4 Fresh and dry weights of Water meal cultivated on different pH Hoagland'E-medium for 15 days	25
3.5 Increasing of number of fronds cultivated on Hoagland'E-medium containing different concentrations of N-P-K fertilizer (15-15-15) for 15 days	27
3.6 Fresh and dry weights of Water meal cultivated on Hoagland'E-medium containing different concentrations of N-P-K fertilizer for 10 days	28
3.7 Increasing of number of frond of Water meal cultivated on Hoagland'E-medium with different light intensity for 15 days	30
3.8 Fresh and dry weights of Water meal cultivated on Hoagland'E-medium with different light intensity for 10 days	31
3.9 Fresh and dry weights of Water meal cultivated on water pipe containing 400 mg/L of N-P-K fertilizer (15-15-15) with different pH for 10 days	33
3.10 Fresh and dry weights of Water meal cultivated on water pipe containing different concentrations of N-P-K fertilizer for 10 days	34

บทที่ 1

บทนำ

ต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์นั้นส่วนใหญ่เป็นต้นทุนที่มาจากอาหารสัตว์ ซึ่งราคาของวัตถุดิบอาหารมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นตลอดเวลา โดยเฉพาะวัตถุดิบแหล่งโปรตีนที่ผลิตในประเทศไม่เพียงพอจึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศมาใช้ เช่น ปลาป่น และกากถั่วเหลือง เป็นต้น ดังนั้นการใช้วัตถุดิบแหล่งโปรตีนที่สามารถผลิตได้เองภายในประเทศและมีราคาถูก จึงเป็นแนวทางที่ช่วยบรรเทาปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ทั้งยังเป็นการลดการพึ่งพาการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์จากต่างประเทศด้วย

ไข่น้ำ หรือ ผำ (Water meal: *Wolffia* spp.) เป็นพืชลอยน้ำในวงศ์ *Lemnaceae* ที่ขึ้นอยู่ทั่วไปในแหล่งน้ำจืด เป็นพืชมีดอกขนาดเล็กที่สุด มองเห็นเป็นเม็ดสีเขียว รูปร่างค่อนข้างกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5-1.5 มิลลิเมตร ลอยอยู่ตามผิวน้ำ ไม่มีราก สามารถเจริญเติบโตในสภาวะแวดล้อมใกล้เคียงกับสาหร่ายเซลล์เดียว โดยทั่วไปไข่น้ำสามารถนำมาประกอบเป็นอาหารของมนุษย์ได้หลายชนิด (Bhanthumnavin and McGarry, 1971; ศิริภาวี และคณะ 2544) ไข่น้ำมีโปรตีนอยู่ระหว่าง 19.36-45 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีนในไข่น้ำผันแปรตามปริมาณสารอาหารในน้ำ (ศิริภาวี และคณะ 2544; Skillicorn *et al.*, 1993) ไข่น้ำยังมีการดอมีโนที่จำเป็น โดยเฉพาะกรดอะมิโนไลซีน และกรดอะมิโนเมไทโอนีนสูงกว่าวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากเมล็ดธัญพืชในอาหารสัตว์ (Skillicorn *et al.*, 1993) ไข่น้ำจึงสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ได้

การวิจัยเกี่ยวกับการผลิตไข่น้ำ และการใช้ไข่น้ำเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์มีข้อมูลค่อนข้างจำกัดมากโดยเฉพาะในประเทศไทย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการยังไม่มีการผลิตไข่น้ำเชิงการค้าแพร่หลาย ส่วนใหญ่เป็นการเก็บจากแหล่งน้ำธรรมชาติ และนำมาจำหน่ายในตลาด เพื่อใช้ประกอบเป็นอาหารของคน ดังนั้นคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของไข่น้ำ จึงผันแปรไปตามคุณภาพและสารอาหารในแหล่งน้ำที่ไข่น้ำเจริญเติบโต ยิ่งกว่านั้นการรวบรวมไข่น้ำในปริมาณมากเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ตลอดการทดลองจึงมีความเป็นไปได้ยาก จากการสืบค้นข้อมูลพบว่ามีการศึกษาการผลิตพืชน้ำว้างค์แห่นเป็ด (Duckweed) ซึ่งอยู่ในวงศ์ *Lemnaceae* เช่นเดียวกับไข่น้ำในประเทศบังคลาเทศ พบว่าพืชวงศ์แห่นเป็ดสามารถให้ผลผลิตเป็นน้ำหนักแห้งถึง 2.08-6.08 ตันต่อไร่ต่อปี ซึ่งมากกว่าผลผลิตของถั่วเหลืองถึง 6-10 เท่า (Skillicorn *et al.*, 1993) สำหรับในประเทศไทยโดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเกษตรกรน้อยรายที่ทำการผลิตไข่น้ำเพื่อจำหน่าย จากการสำรวจของคณะผู้วิจัยพบว่า มีเกษตรกรผู้ผลิตไข่น้ำที่ประสบความสำเร็จเชิงการค้าเพียงไม่กี่ราย แต่การผลิตดังกล่าวเป็นการใช้ประสบการณ์เฉพาะบุคคลและยังมีปัญหาในการผลิตบางเรื่อง เนื่องจากยังขาดข้อมูลที่สำคัญต่อการผลิตไข่น้ำเชิงการค้า อาทิ ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การจัดการและสภาวะที่เหมาะสมของน้ำ การเพาะปลูกและ

ความหนาแน่นของพืช อุณหภูมิ สารอาหาร การเก็บเกี่ยวผลผลิต และผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ เป็นต้น

การรวบรวมข้อมูลไม่พบรายงานการใช้ไข่น้ำในอาหารสัตว์ แต่มีเพียงรายงานการใช้แหนเป็ด (*Duckweed*) สปีชีส์ *Lemna gibba* และ *Lemna minor* เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ปีก คือไก่ไข่ (Haustein *et al.*, 1990) ไก่เนื้อ (Islam *et al.*, 1997) นกกระทาเนื้อและนกกระทาไข่ (ดำรงชัย, 2542) และเป็ด (Men *et al.*, 2001; Men *et al.* 2002) รวมทั้งในอาหารสุกร (Leng *et al.*, 1995) ส่วนในสัตว์เคี้ยวเอื้องมีเพียงรายงานการวัดการย่อยสลายของวัตถุดิบและโปรตีนของแหนเป็ด และไข่น้ำในกระเพาะหมักของโคเท่านั้น (Huque *et al.*, 1996) การศึกษาการใช้ไข่น้ำในอาหารสัตว์มีค่อนข้างจำกัด ทั้งนี้อาจเนื่องจากการผลิตไข่น้ำให้ได้ปริมาณมากเพื่อให้ในงานวิจัยค่อนข้างยาก ดังนั้นการพัฒนากการผลิตไข่น้ำเชิงการค้าเป็นส่วนสำคัญอันดับแรก สำหรับการใช้ไข่น้ำเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์

จากข้อมูลข้างต้นบ่งชี้ว่าไข่น้ำเป็นพืชที่มีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ โดยเฉพาะในอาหารสัตว์ปีก อย่างไรก็ตามการผลิตไข่น้ำและการใช้ไข่น้ำเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ปีก ยังจำเป็นต้องทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี สภาพที่เหมาะสมของการผลิตไข่น้ำ และระดับที่เหมาะสมของการทดแทนวัตถุดิบแหล่งโปรตีน คือ กากถั่วเหลืองด้วยไข่น้ำในอาหารสัตว์ปีก สิ่งเหล่านี้เป็นองค์ความรู้ที่สำคัญที่จะนำไปสู่การผลิตไข่น้ำเชิงการค้าหรือผลิตไข่น้ำเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ต่อไป ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดการนำเข้าวัตถุดิบอาหารสัตว์ และช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบแหล่งโปรตีนแล้ว ทั้งนี้ยังสามารถใช้เป็นทางเลือกใหม่ของเกษตรกรในการผลิตไข่น้ำเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งได้

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ
2. เพื่อศึกษาการใช้ไข่น้ำเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารไก่ไข่
3. เพื่อศึกษาการใช้ไข่น้ำเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อ
4. เพื่อศึกษาการใช้ไข่น้ำเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารนกกระทาเนื้อและไข่

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ลักษณะทางชีววิทยาของไข่น้ำ

ไข่น้ำเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวลอยบนผิวน้ำ มีชื่อสามัญคือ Water meal, Wolffia meal และชื่อวิทยาศาสตร์ *Wolffia arrhiza* (L) Wimm เป็นพืชในตระกูล Lemnaceae เหมือนแห่นเป็ด พบมากในประเทศแถบยุโรป แอฟริกากลาง แอฟริกาใต้ ออสเตรเลีย บราซิล อินโดนีเซีย และประเทศไทย (อำพลและอารีย์, 2532) ทั่วโลกมีไข่น้ำทั้งสิ้น 10 ชนิด (Cook, 1996) ไข่น้ำที่พบในประเทศไทยมี 2 ชนิด คือ *Wolffia arrhiza* (Linn) Wimm และ *Wolffia globosa* (Linn) Wimm (รัชชชัยและเมกซ์เว, 2535) ไข่น้ำจำแนกตามหลักอนุกรมวิธานได้ดังนี้ (กิตติมา, 2534)

Kingdom Plantae

Division Anthophyta

Class Monocotyledonae

Order Arales

Family Lemnaceae

Genus *Wolffia*

Species *Wolffia arrhiza*

1. ลักษณะทั่วไปของไข่น้ำ

ไข่น้ำ (Figure 2.1) เป็นพันธุ์ไม้ดอกที่มีต้นเล็กที่สุดในโลก เป็นพืชน้ำที่ไม่มีราก มีลักษณะเป็นแผ่นเรียกว่า ทัลลัส (thallus) ทัลลัสมีรูปกลมหรือรูปไข่สีเขียว พองนูนทั้งด้านบนและด้านล่าง (สุทธิพงษ์, 2545) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-1.5 มิลลิเมตร (อำพลและอารีย์, 2532) ทั้งนี้ทัลลัสอาจเกิดเดี่ยวหรือติดกันเป็นคู่ ดอกมีขนาดเล็กเป็นช่อ ประกอบด้วยดอกตัวผู้ 1 ดอก และดอกตัวเมีย 1 ดอก (ศิริภาวี และคณะ, 2544) ภายในดอกตัวเมียประกอบด้วยรังไข่ที่มีไข่อ่อน 1 ใบ ส่วนเมล็ดของไข่น้ำมีขนาดเล็กมาก (อรุณ, 2549)

2. การขยายพันธุ์ของไข่น้ำ มี 2 แบบ ได้แก่

การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ไข่น้ำเป็นพืชดอกที่มีขนาดเล็กที่สุด ดอกของไข่น้ำจะเจริญออกทางด้านข้างของต้น ดอกไม่มีกลีบดอก และไม่มีกลีบเลี้ยง ดอกตัวผู้มีเกสร 1 อัน ประกอบด้วยอับละอองเรณู 2 อับ ดอกตัวเมียมีรังไข่ 1 ช่อ และมีไข่น้ำ 1 ใบ ก้านเกสรตัวเมียสั้น ยอดเกสรตัวเมียมีลักษณะแบน เมล็ดมีขนาดเล็ก กลมเกลี้ยง ไข่น้ำจะมีดอกและเมล็ดในช่วงเดือนตุลาคมถึงมกราคม (ลำไย และคณะ, 2545)

การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ไข่น้ำจะเกิดการแตกหน่อ (budding) ที่ข้าง ๆ ทัลลัส ซึ่งมีผู้ทำการศึกษากการเจริญเติบโต พบว่า โดยเฉลี่ยแล้ว ไข่น้ำแต่ละต้นจะแตกหน่อให้ต้นใหม่ ทุก ๆ 5 วัน (Lemon *et al.*, 2001)

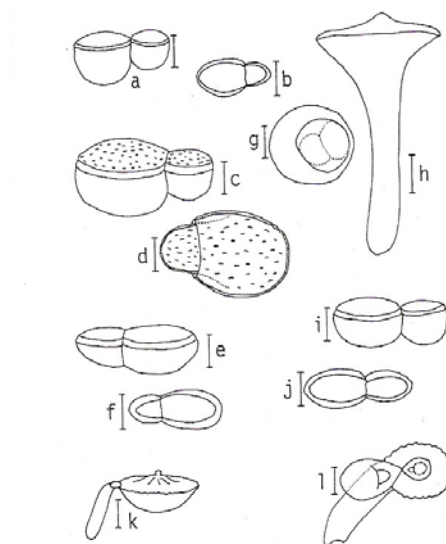


Figure 2.1 Characteristics of Water meal species

a,b (*Wolffia angusta*) c,d (*Wolffia arrhiza*) e,f (*Wolffia globosa*)

g,h (*Wolffia microscopica*) i,j (*Wolffia neglecta*) k,l (*Wolffia hyaline*)

Source: Cook (1996)

ลักษณะแหล่งที่อยู่ของไข่น้ำ

ไข่น้ำจะพบในแหล่งน้ำเกือบทุกพื้นที่ของโลก แต่ไม่พบในพื้นที่ที่เป็นน้ำแข็ง (Cook, 1996) ไข่น้ำจะมีการเจริญเติบโตตามสภาพแวดล้อมในบางฤดูกาลที่มีความเหมาะสม โดยไข่น้ำจะเจริญได้ดีในอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 32-33 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ อยู่ในช่วง 3.5-10.4 และช่วงความเข้มแสงระหว่าง 4000-15000 ลักซ์ (Landolt, 1986) โดยทั่วไปมักพบไข่น้ำในแหล่งน้ำนิ่ง เช่น หนอง บึง หรือบ่อน้ำเก่า ๆ ที่มีใบไม้และมูลสัตว์สะสมอยู่ การเจริญเติบโตของไข่น้ำขึ้นอยู่กับอาหารหรือธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำ ไข่น้ำต้องการธาตุอาหารเช่นเดียวกับพืชโดยทั่วไป เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ไข่น้ำชอบขึ้นในที่อากาศร้อนและแสงแดดมาก ซึ่งต้องการพลังงานแสงเพื่อสังเคราะห์แสง (อำพลและอารีย์, 2532) จากการศึกษาสภาพแหล่งน้ำธรรมชาติที่ไข่น้ำเจริญเติบโต พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.167-1.556 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.004-0.256 มิลลิกรัมต่อลิตร (นิศานากและอำพร, 2548) ไข่น้ำจะไม่เจริญเติบโตหรือเจริญได้น้อยในแหล่งน้ำที่มีกระแสน้ำและกระแสน้ำพัดพาอย่างรวดเร็วและรุนแรง ซึ่งจะทำให้ไข่น้ำไปทับถมกองอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของบ่อ แล้วทำให้ไข่น้ำเกิดการบังแสงกัน เน่าเสียหรือตายได้ (นิศาชล, 2548ก)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

ไข่น้ำจะมีการเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของไข่น้ำได้แก่ อุณหภูมิ แสงสว่าง ความเป็นกรด-ด่าง และแร่ธาตุ จากการศึกษาของนักวิจัยกลุ่มต่าง ๆ เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตไข่น้ำที่แตกต่างกัน อาทิ อำพลและอารีย์ (2532) ทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำเริ่มต้น 20 กรัมต่อตารางเมตร โดยปุ๋ยยูเรียกับปุ๋ยฟอสเฟต 10 กรัมต่อตารางเมตร เป็นเวลา 2 สัปดาห์ สามารถให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 800-1000 กรัมต่อตารางเมตร ในขณะที่ ชนกพร (2542) ทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำในอาหารที่ได้จากน้ำทิ้งโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 18-12-6 ในระดับความเข้มข้นต่างกัน พบว่าไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่ได้จากน้ำทิ้งโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ และเติมปุ๋ยเคมีสูตร 18-12-6 จำนวน 0.18 กรัมต่อลิตร ในสภาพกลางแจ้งเป็นเวลา 10 วัน ทำให้การเจริญเติบโตดีที่สุด โดยให้ค่าน้ำหนักแห้งเท่ากับ 3.6987 กรัมต่อหน่วยทดลอง และ สุมลวรรณ (2543) ทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำเป็นเวลา 12 วัน ในอาหารที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างอาหารเคมีกับน้ำที่เก็บจากแหล่งธรรมชาติ สภาวะอากาศและค่าความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกัน พบว่าอาหารส่วนผสมระหว่างอาหารเคมีกับน้ำที่เก็บจากแหล่งธรรมชาติในอัตราส่วน 2:1 สภาวะไม่มีการให้อากาศ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 จะให้การเจริญเติบโตสูงสุด โดยให้ค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเป็น 15.93 และ 0.73 กรัมต่อหน่วยทดลอง ตามลำดับ ขณะที่การเพาะเลี้ยงไข่น้ำในอาหารสูตรเคมี ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6 ในสภาพมีการให้อากาศ จะให้ค่าระดับโปรตีนสูงสุดเท่ากับ 52.32 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยคอกหรือน้ำสกัดจากมูลสัตว์ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมนำมาใช้เพาะเลี้ยงไข่น้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตไข่น้ำ โดยการใช้ปุ๋ยคอกในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ในการเพาะเลี้ยงไข่น้ำเริ่มต้นประมาณ 1 กิโลกรัม แล้วเติมน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำไว้ประมาณ 60-70 เซนติเมตร สามารถเก็บผลผลิตไข่น้ำได้ตลอดทั้งปี (อำพลและอารีย์, 2532) การเพาะเลี้ยงไข่น้ำในบ่อซีเมนต์ขนาด 0.80 ตารางเมตร ระดับน้ำลึก 30-40 เซนติเมตร โดยเติมปุ๋ยคอก 2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เป็นเวลา 10-12 วัน ให้อัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด โดยมีการเจริญประมาณ 2 เท่าของปริมาณไข่น้ำเริ่มต้น (นิศาชล, 2548ก)

การเพาะเลี้ยงไข่น้ำในห้องปฏิบัติการโดยใช้สูตรอาหารที่มีมูลโค มูลไก่ มูลสุกร และฟางข้าว พบว่าสูตรอาหารมูลโคให้ผลผลิตไข่น้ำโดยเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 4.34 กรัม รองลงมาคือมูลไก่ ฟางข้าวและมูลสุกร โดยให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 4.32, 4.30 และ 2.59 กรัม ตามลำดับ (สนองและทวี, 2539) สอดคล้องกับ ลำไย และคณะ (2545) ทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำเป็นเวลา 15 วันในสภาพกลางแจ้ง พรางแสงด้วยตาข่ายสีดำ 50 เปอร์เซ็นต์ และให้ปุ๋ยมูลโคระดับความเข้มข้นต่างกัน พบว่าไข่น้ำที่ได้รับปุ๋ยมูลโคความเข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีที่สุด โดยมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเท่ากับ 628.97 และ 17.08 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ และมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 8.49 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับ สมศักดิ์ (2539) รายงานว่า การใช้ น้ำสกัดมูลโคความเข้มข้น 25 กรัมต่อลิตรเป็นอาหารเพาะเลี้ยงไข่น้ำในสภาพกลางแจ้งเป็นเวลา

15 วัน ทำให้ไข่น้ำมีผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ 8.326 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นอื่น และต่อมาได้ศึกษาและเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของไข่น้ำ ในอาหารที่ได้จากน้ำสกัดมูลโค และน้ำสกัดจากมูลกระบือที่ระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ และระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพกลางแจ้ง โดยทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 12 วัน พบว่าไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่ได้จากน้ำสกัดมูลโคความเข้มข้น 45 กรัมต่อลิตร และได้รับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตดีที่สุด โดยให้ค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเท่ากับ 404.023 และ 8.772 กรัมต่อหน่วยทดลอง ตามลำดับ (สมศักดิ์, 2542) เช่นเดียวกับ อะโน (2542) ศึกษาการเจริญเติบโตของไข่น้ำ ในอาหารที่ได้จากน้ำทิ้งโรงงานผลิตแป้งทำขนมจีน จากน้ำสกัดมูลโคแห้ง จากน้ำสกัดมูลไก่แห้ง และน้ำสกัดจากฟางข้าวแห้ง ที่ระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ และระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพกลางแจ้ง โดยทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 12 วัน พบว่าไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่ได้จากน้ำสกัดมูลโคแห้ง และได้รับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตดีที่สุด โดยให้ค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเท่ากับ 162.863 และ 6.202 กรัมต่อหน่วยทดลอง ตามลำดับ นอกจากนี้การเพาะเลี้ยงไข่น้ำในน้ำมูลไก่ ความเข้มข้น 0.3 กรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 3 วัน สามารถเพิ่มจำนวนไข่น้ำสูงสุดเท่ากับ 230 ทลลัส แต่การเพาะเลี้ยงไข่น้ำในน้ำมูลไก่ความเข้มข้น 0.3 กรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 4 วัน ให้ผลผลิตของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ 0.23 และ 0.0031 มิลลิกรัมต่อทลลัส ตามลำดับ (รติรัตน์และอุษา, 2546) การเพาะเลี้ยงไข่น้ำในสภาพแสงสว่างที่แตกต่างกัน คือ กลางแจ้งไม่พลางแสง ภายใต้พลาสติกพลางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ หนึ่งชั้น และภายใต้พลาสติกพลางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ สองชั้น ในภาชนะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 เซนติเมตร โดยใช้ปุ๋ยคอก 2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และรำละเอียด 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เป็นแหล่งอาหาร ใช้เวลาเพาะเลี้ยง 20 วัน พบว่า ไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงภายใต้พลาสติกพลางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ สองชั้น ให้ผลผลิตไข่น้ำสูงสุด เท่ากับ 230.80 กรัมต่อหน่วยทดลอง มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุด เท่ากับ 1.33 กรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด และมีขนาดทลลัสเท่ากับ 1.0 มิลลิเมตร (นิศาชล, 2548ก)

คุณค่าทางโภชนาของไข่น้ำ

ไข่น้ำมีความชื้นสูงถึง 86-97 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเยื่อใยอยู่ในช่วง 6.8-45, 1.8-9.2, 14.1-43.6 และ 5.7-16.2 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (สุทธิพงษ์, 2545) จากการรายงานองค์ประกอบทางเคมีของไข่น้ำโดยนักวิจัยกลุ่มต่าง ๆ มีค่าแตกต่างกัน (Table 2.1) ไข่น้ำมีปริมาณกรดอะมิโนอยู่ในช่วงที่สูง โดยจากการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในไข่น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติตามจังหวัดต่าง ๆ ในประเทศไทย พบว่าไข่น้ำจากจังหวัดหนองคายมีระดับกรดอะมิโนที่จำเป็นสูงสุด โดยมีลิวซีน 2.09 เปอร์เซ็นต์ ไอซีน 1.54 เปอร์เซ็นต์ แอลีน 1.40 เปอร์เซ็นต์ ฟีนอลอะลานีน 1.27 เปอร์เซ็นต์ ทรีโอนีน 1.08 เปอร์เซ็นต์ ไอโซลิวซีน 0.91 เปอร์เซ็นต์ และเมไทโอนีน 0.32 เปอร์เซ็นต์ (ลีลนา, 2539) จากการรายงานของ Rusoff et al., (1980) พบว่าปริมาณกรดอะมิโน แอสปาดิก ทรีโอนีน ซีรีน กลูตามิก โพรลีน

ไกลซีน อะลานีน แอลีน เมไทโอนีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไทโรซีน ฟีนิลอะลานีน ฮีสทิดีน ไลซีน และอาร์จินีน มีค่า 5.63, 2.55, 2.28, 5.76, 2.41, 3.04, 3.75, 3.49, 0.87, 3.06, 5.83, 2.17, 3.60, 1.18, 3.37 และ 3.78 กรัมต่อ 100 กรัมของโปรตีน ตามลำดับ กรดอะมิโนในไข่น้ำมีค่าใกล้เคียงกับกากถั่วเหลืองที่มีค่าโปรตีน 44 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณกรดอะมิโน อาร์จินีน ฮีสทิดีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมไทโอนีน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน ทริปโตเฟน แอลีน ไกลซีนเซอรีน และไทโรซีน เท่ากับ 7.14, 2.66, 4.45, 7.70, 6.11, 1.41, 4.91, 3.91, 1.68, 4.70, 4.32, 5.20 และ 4.34 กรัมต่อ 100 กรัมของโปรตีน ตามลำดับ (NRC, 1994) นอกจากนี้ยังพบว่าไข่น้ำมีธาตุหลัก วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง และไนอาซิน (ดวงจันทร์, 2549)

Table 2.1 Chemical composition (% DM) of Water meal

Sources	DM	CP	EE	CF	ASH	Ca	P
Rusoff <i>et al.</i> , (1980)	4.80	36.50	6.60	11.00	17.10	-	-
Chareontesprasit and Jiwyam (2001)	5.28	20.40	4.63	11.69	17.64	0.16	0.41
Amphon and Arree (1989)	-	17.88	0.20	-	23.50	0.09	-
Huque <i>et al.</i> , (1996)	-	29.90	-	-	15.60	-	-
Arno (1999)	4.73	15.02	-	-	-	-	-

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไข่น้ำสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ทั้งสัตว์บกและสัตว์น้ำ ในทางการประมงไข่น้ำจัดเป็นอาหารธรรมชาติประเภทพืชที่มีประโยชน์มากเพราะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง สามารถนำมาเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น ปลาหมอเทศข้างลาย ปลาดุกเพียน ปลาราด ปลานิล และเป็นอาหารสัตว์บก ได้แก่ หมู เป็ด เป็นต้น (อำพลและอารีย์, 2532) จากผลการศึกษา Chareontesprasit and Jiwyam (2001) โดยใช้ไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza*) ทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารปลานิล ที่ระดับ 0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ พบว่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ความยาวของลำตัว อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินอาหาร ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และอัตราการมีชีวิตรอดของปลานิลกลุ่มที่ใช้ไข่น้ำทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กับกลุ่มที่ไม่มีการเสริมไข่น้ำ จากผลการทดลองพบว่า

สามารถใช้ไข่น้ำเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารปลานิลได้ที่ระดับไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์

จากการสืบค้นข้อมูลมีเพียงรายงานการใช้ไข่น้ำในสูตรอาหารของไก่ไข่ของ Haustein *et al.* (1990) ได้ศึกษาการใช้แห่นเปิด (*Lemna gibba*) 15 เปอร์เซ็นต์ และไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza*) 15 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารไก่ไข่เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีเสริม พบว่า ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่เฉลี่ย และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ ของกลุ่มทดลองทั้งสองไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กับกลุ่มที่ไม่มีเสริม ส่วนความเข้มข้นสีไข่แดงของกลุ่มทดลองทั้งสองสูงกว่า ($P<0.05$) กับกลุ่มที่ไม่มีเสริม จากผลการทดลองพบว่า สามารถใช้แห่นเปิดและไข่น้ำ 15 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารไก่ไข่ แต่พบว่ามีการใช้แห่นเปิดซึ่งเป็นพืชในวงศ์เดียวกันเป็นอาหารเลี้ยงของสัตว์ปีก ซึ่งมีหลายการทดลองดังต่อไปนี้

ดำรงชัย (2542) ได้ศึกษาการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนแห่นเปิด (*Lemna spp.*) 4 ระดับ ได้แก่ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารไก่กระต่ายอายุ 0-21 วัน และ 0, 20, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารไก่กระต่ายอายุ 21-42 วัน พบว่าการทดแทนที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ (ในอาหารไก่กระต่ายอายุ 0-21 วัน) และ 20 เปอร์เซ็นต์ (ในอาหารไก่กระต่ายอายุ 21-42 วัน) ทำให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กับกลุ่มควบคุม ในขณะที่ปริมาณการกินอาหาร สมประสิทธิภาพย่อยและการใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบ พลังงาน โปรตีน และเยื่อใย ของทุกระดับการทดแทนไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ค่าเปอร์เซ็นต์ซากของทุกระดับการทดแทนไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ค่าการเกรดซากของไก่กระต่ายที่ระดับการทดแทน 60 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่า ($P<0.05$) กลุ่มอื่น ๆ จากผลการทดลองพบว่า สามารถใช้โปรตีนจากแห่นเปิดทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในระดับที่ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารไก่กระต่ายอายุ 0-21 วัน และ 20 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารไก่กระต่ายอายุ 21-42 วัน

Haustein *et al.* (1992) ได้ศึกษาการใช้แห่นเปิด (*Lemna gibba*) ในอาหารไก่กระต่ายที่ระดับ 0, 100, 200, 300 และ 400 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร พบว่าปริมาณการกินอาหาร น้ำหนักเฉลี่ยลดลง ($P<0.01$) และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักลดลง ($P<0.01$) เมื่อปริมาณแห่นเปิดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น และได้ศึกษาการใช้แห่นเปิด (*Lemna gibba*) ในสูตรอาหารไก่กระต่ายที่ระดับ 0, 100, 150, 200, 250 และ 300 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร พบว่าปริมาณการกินอาหาร น้ำหนักเฉลี่ย และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของไก่ที่ได้รับอาหารที่มีแห่นเปิดระดับ 150 กรัมต่อกิโลกรัมอาหารไม่แตกต่าง ($P>0.01$) กับกลุ่มควบคุม จากผลการทดลองพบว่า สามารถใช้แห่นเปิดในสูตรอาหารไก่กระต่ายได้ในระดับ 150 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร

Haustein *et al.* (1994) ได้ศึกษาการใช้แห่นเปิด (*Lemna gibba*) ในอาหารไก่กระต่ายที่ระดับ 0, 10, 15 และ 25 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณการกินอาหาร และน้ำหนักเฉลี่ยของไก่กระต่ายกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีแห่นเปิดระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กับกลุ่มควบคุม ส่วนประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของไก่ทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน

($P>0.05$) จากผลการทดลองพบว่า สามารถใช้แทนเปิดในสูตรอาหารไก่กระทุงได้ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์

Islam *et al.* (1997) ศึกษาการใช้แทนเปิดร่วมกับกากถั่วเหลืองทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารไก่กระทุง ได้แก่สูตรที่ 1 ใช้ปลาป่น 12 เปอร์เซ็นต์ (สูตรควบคุม) สูตรที่ 2 ใช้แทนเปิด 3 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกากถั่วเหลือง 13.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารแทนปลาป่น สูตรที่ 3 ใช้แทนเปิด 6 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกากถั่วเหลือง 11.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารแทนปลาป่น สูตรที่ 4 ใช้แทนเปิด 9 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกากถั่วเหลือง 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารแทนปลาป่น พบว่า น้ำหนักตัวและปริมาณการกินอาหารของไก่กระทุงที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 และ 3 ต่ำกว่า ($P<0.01$) อาหารสูตรควบคุม ส่วนไก่ที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 มีน้ำหนักตัวและปริมาณการกินอาหารต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับไก่ที่ได้รับอาหารสูตรอื่น ๆ ($P<0.01$) ในขณะที่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของไก่ที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมและอาหารสูตรที่ 2 ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) สำหรับประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของไก่ที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 และ 4 ต่ำกว่า ($P<0.01$) สูตรควบคุม ในด้านคุณภาพซาก พบว่าน้ำหนักซากของไก่ที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมสูงกว่า ($P<0.05$) ไก่ที่ได้รับอาหารสูตรอื่น ๆ ส่วนเปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่งของไก่ทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) จากผลการทดลอง จึงแนะนำให้ใช้แทนเปิดร่วมกับกากถั่วเหลืองทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารไก่กระทุงในระดับที่ต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการใช้แทนเปิดร่วมกับกากถั่วเหลืองแทนปลาป่นในสูตรอาหารไก่กระทุงในระดับที่ 3 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าทำให้สมรรถนะการผลิตไก่กระทุงลดลง แต่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่งไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม

Ahammad *et al.* (2003) ได้ศึกษาการใช้แทนเปิด (*Lemna minor*) ร่วมกับกากเมล็ดงา (sesame oil cake) ในสูตรอาหารไก่กระทุง ได้แก่สูตรที่ 1 ใช้กากเมล็ดงา 9 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (สูตรควบคุม) สูตรที่ 2 ใช้กากเมล็ดงา 6 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับแทนเปิด 3 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร สูตรที่ 3 ใช้กากเมล็ดงา 3 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับแทนเปิด 6 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร สูตรที่ 4 ใช้กากเมล็ดงา 0 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับแทนเปิด 9 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร พบว่าปริมาณการกินอาหารของไก่กระทุงที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 ต่ำกว่า ($P<0.05$) ไก่ที่ได้รับอาหารสูตรอื่น ๆ แต่ปริมาณการกินอาหารของไก่กระทุงที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม สูตรที่ 2 และสูตรที่ 4 ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ส่วนน้ำหนักมีชีวิต และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของไก่กระทุงที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 ต่ำกว่า ($P<0.01$) ไก่ที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม จากผลการทดลองพบว่า สามารถใช้แทนเปิด 3 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกากเมล็ดงา 6 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไก่กระทุง

Haustein *et al.* (1990) ได้ศึกษาการใช้แทนเปิด (*Lemna gibba*) ในสูตรอาหารไก่ไข่ ที่ระดับ 0, 15, 25 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร พบว่า ปริมาณการกินอาหาร ผลผลิตไข่และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ของกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีแทนเปิดระดับ 15 และ 25 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กับกลุ่มควบคุม ในขณะที่การใช้แทนเปิดในสูตร

อาหารไก่ไข่ระดับที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้ความเข้มข้นของสีไข่แดงเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) จากผลการทดลองพบว่า สามารถใช้แทนเปิดในสูตรอาหารไก่ไข่ได้ 25 เปอร์เซ็นต์

ดำรงชัย (2542) ได้ศึกษาการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนแทนเปิด (*Lemna* spp.) 4 ระดับ ได้แก่ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ในอาหารนกกระทาอายุ 0-21 วัน และ 0, 20, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารนกกระทาอายุ 21-42 วัน เมื่อนกกระทาอายุได้ 42 วัน จะทำการคัดแยกเพศ เพศผู้จะถูกนำไปทดสอบคุณภาพซาก เพศเมียจะถูกนำไปทดสอบอาหาร นกกระทาไข่ที่มีการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากแทนเปิด 4 ระดับ ได้แก่ 0, 20, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า อัตราการเจริญเติบโตตลอดช่วงการทดลอง ($P<0.01$) โดยที่ระดับการทดแทน 20 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักดีที่สุด (117.70 กรัม) สำหรับประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก ปริมาณการกินอาหารและประสิทธิภาพการใช้โปรตีนตลอดช่วงการทดลอง ของทุกระดับการทดแทน ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) การเพิ่มระดับการทดแทนทำให้เปอร์เซ็นต์ซากลดลง นกกระทากลุ่มที่ 4 มีเปอร์เซ็นต์ซากต่ำที่สุด แต่ค่าการเกรตซากไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) สมบัติการย่อยและการใช้ประโยชน์ได้ของสิ่งแห้ง โปรตีน พลังงาน และเยื่อใย ของนกกระทาช่วงอายุ 0-21 วัน และ 21-42 วัน ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) การเพิ่มระดับการทดแทนไม่มีผลต่ออายุเริ่มให้ไข่ของนกกระทา ($P>0.05$) ผลผลิตไข่ของทุกระดับการทดแทนไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ลดลง ($P<0.05$) เมื่อระดับการทดแทนเพิ่มขึ้น แต่การทดแทนที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนจากถั่วเหลืองไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กับกลุ่มควบคุม สำหรับค่าคุณภาพไข่พบว่าค่า Haugh unit (อยู่ในช่วง 80-83) แต่ละระดับการทดแทนไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) จากผลการทดลอง สามารถใช้โปรตีนแทนเปิดทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในระดับที่ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารนกกระทาอายุ 0-21 วัน และในระดับที่ไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารนกกระทาอายุ 21-42 วัน จึงจะไม่ส่งผลเสียต่อสมรรถนะการผลิต

Khandaker *et al.* (2007) ได้ศึกษาการใช้แทนเปิด (*L. perpusilla*) เป็นแหล่งโปรตีนแทนการใช้กากมัสตาร์ด (mustard oil cake) ในสูตรอาหารเปิดไข่ 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ใช้กากมัสตาร์ด 15 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร (สูตรควบคุม) สูตรที่ 2, 3 และ 4 ทดแทนกากมัสตาร์ดด้วยแทนเปิดแห่งที่ระดับ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร ตามลำดับ พบว่า จำนวนไข่น้ำหนักไข่ทั้งหมดและน้ำหนักไข่เฉลี่ยของเปิดที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมสูงกว่า ($P<0.01$) เปิดที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่น ส่วนน้ำหนักฟองไข่เฉลี่ย และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ของเปิดทุกกลุ่มการทดลองไม่ต่างกัน ($P>0.05$) เปอร์เซ็นต์ไข่ของเปิดที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมและสูตรที่ 2 มีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.01$) แต่เปอร์เซ็นต์ไข่ของเปิดที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3 และ 4 ต่ำกว่า ($P<0.01$) เปิดที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม จากผลการทดลอง บ่งชี้ว่าสามารถใช้แทนเปิดแทนกากมัสตาร์ดในสูตรอาหารเปิดไข่ในระดับที่ต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการใช้แทนเปิดแทนกากมัสตาร์ดในสูตรอาหารเปิดไข่ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้น้ำหนักไข่และ

สมรรถนะการผลิตไข่ของเปิดลดลง ยกเว้นน้ำหนักฟองไข่เฉลี่ย ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ และเปอร์เซ็นต์ไข่

Men *et al.* (2002) ได้ศึกษาการใช้แทนเปิดสดเป็นอาหารเปิดพ่อแม่พันธุ์พื้นเมือง ตั้งแต่อายุ 7-12 เดือน และเปิดพ่อแม่พันธุ์เซอร์รีวอลเลย์ ตั้งแต่อายุ 8-13 เดือน ใช้เปิดรวมทั้งสองสายพันธุ์ จำนวน 180 ตัว โดยใช้เพศผู้ 1 ตัวต่อเพศเมีย 5 ตัว ใช้อาหารทดลอง 5 สูตร คือ ใช้กากถั่วเหลืองร่วมกับปลาป่นที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรควบคุม) 75, 50, 25 และ 0 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนในสูตรควบคุม ทำให้สูตรอาหารที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีโปรตีน เท่ากับ 18, 15, 13, 10 และ 8 เปอร์เซ็นต์โปรตีนในสูตรอาหาร ตามลำดับ ซึ่งอาหารทั้ง 5 สูตรใช้เลี้ยงเปิดทั้งสองสายพันธุ์และให้แทนเปิดสดแก่เปิดทั้งสองสายพันธุ์กินแบบเต็มๆ พบว่า การกินอาหาร (คิดเป็นวัตถุแห้ง) ในแต่ละวันของเปิดพันธุ์พื้นเมืองทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) และเปิดพันธุ์เซอร์รีวอลเลย์ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม สูตรที่ 3, 4 และ 5 ไม่แตกต่างกัน ($P>0.01$) แต่เปิดที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2 กินอาหารได้ต่ำกว่า ($P<0.01$) เปิดที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่น ๆ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ของเปิดทั้งสองสายพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์เซอร์รีวอลเลย์ทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) อัตราการออกไข่ของเปิดพันธุ์พื้นเมืองทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) และอัตราการออกไข่ของเปิดพันธุ์เซอร์รีวอลเลย์ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม สูตรที่ 2, 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.01$) แต่เปิดที่กินอาหารสูตรที่ 5 มีอัตราการออกไข่ต่ำกว่า ($P<0.01$) เปิดที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่น ๆ อัตราของไข่มีเชื้อของเปิดสายพันธุ์พื้นเมืองทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ส่วนอัตราของไข่มีเชื้อของเปิดพันธุ์เซอร์รีวอลเลย์ พบว่า เปิดที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมและสูตรที่ 2 ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่อัตราของไข่มีเชื้อของเปิดที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้งสองสูตรดังกล่าวมีค่าสูงกว่า ($P<0.05$) เปิดที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3, 4 และ 5 อัตราการฟักออกของไข่เปิดพันธุ์พื้นเมืองที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม สูตรที่ 2, 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่เปิดที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 5 มีค่าต่ำกว่า ($P<0.05$) เปิดที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่น ๆ ส่วนอัตราการฟักออกของไข่เปิดพันธุ์เซอร์รีวอลเลย์ทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ผลการทดลองพบว่า สามารถใช้แทนเปิดสดทดแทนแหล่งโปรตีนจากกากถั่วเหลืองและปลาป่นในสูตรอาหารพ่อแม่พันธุ์เปิดพื้นเมือง และพันธุ์เซอร์รีวอลเลย์ได้สูงถึง 75 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 3

การทดลองที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

บทนำ

ไข่น้ำ หรือที่ชาวบ้านเรียกว่า ผำ หรือไขผำ เป็นพืชน้ำสืเขียวชนิดหนึ่งมีขนาดเล็ก ลักษณะเป็นเม็ดกลมหรือกลมรีลอยอยู่บนผิวน้ำ สามารถพบได้ทั่วไปตามแหล่งน้ำนิ่ง น้ำขัง เช่น บ่อ ห้วย บึง หนองน้ำ และแอ่งน้ำขนาดเล็ก ไข่น้ำจัดเป็นพืชมีดอก ไม่มีราก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5-1.5 มิลลิเมตร (ศิริภาวี และคณะ, 2545) ไข่น้ำเป็นพืชที่มนุษย์บริโภคมาตั้งแต่สมัยโบราณ นอกจากนี้ยังมีคุณค่าทางอาหารสูง ไข่น้ำมีปริมาณโปรตีน 23.06 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย 12.23 เปอร์เซ็นต์ และประกอบด้วยสารอาหารและกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบถ้วน (นิศาชล, 2548ข) ไข่น้ำจึงเป็นแหล่งโปรตีนที่ดี ไข่น้ำสามารถนำมาประกอบอาหารได้ เช่น แกงคั่วไข่น้ำ แกงอ่อมไข่น้ำ หมกไข่น้ำ และทอดใส่ไข่เจียว เป็นต้น (ศิริภาวี และคณะ, 2544) เนื่องจากไข่น้ำเป็นพืชที่มีรสจืดเหมือนพืชผักอื่นทั่วไป ไม่มีรส ไม่มีกลิ่น จึงสะดวกในการที่จะนำมาปรุงเป็นอาหาร คนทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมรับประทาน นอกจากนี้ ไข่น้ำยังนำไปใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์อีกด้วย เช่น เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงปลากินพืช ได้แก่ ปลานิล ปลาดุก ปลาเทโพ ปลาแรด ปลาหมอเทศ ปลาทอง ปลานวลจันทร์ และนำไปเป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงหมู ไก่ เป็ด ในการนำไข่น้ำไปเป็นอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์นี้ ถือเป็นการเพิ่มปริมาณโปรตีนให้เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ชนิดนั้นๆ (นพรัตน์, 2547) ไข่น้ำนับเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยใช้เป็นอาหารเสริมหรือเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดต้นทุนการผลิตแล้ว ยังเป็นการนำทรัพยากรในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ด้วย ดังนั้นงานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไข่น้ำจากแหล่งเพาะเลี้ยงเชิงการค้า และปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตของไข่น้ำเชิงการค้า และการใช้ไข่น้ำเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ต่อไป

การทดลองย่อยที่ 1.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไข่น้ำในฟาร์มผลิต

ไข่น้ำเชิงการค้า

วิธีการทดลอง

1 เก็บตัวอย่างไข่น้ำจากฟาร์มเพาะเลี้ยงไข่น้ำเชิงการค้า อ.ยางตลาด จ.กาฬสินธุ์ ทุก 3 เดือน เป็นระยะเวลา 1 ปี โดยแบ่งเป็นช่วงฤดูร้อน (กุมภาพันธ์-พฤษภาคม) ฤดูฝน (มิถุนายน-กันยายน) และฤดูหนาว (ตุลาคม-มกราคม)

2 นำไข่น้ำสดไปตากแดดเป็นเวลา 1-2 วันจนแห้งสนิท เมื่อไข่น้ำแห้งทำการเก็บไข่น้ำในถุงพลาสติก และสุ่มเก็บตัวอย่างไข่น้ำนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร

3 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี Proximate analysis ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย ไขมัน และเถ้าตามวิธีของ AOAC (1990) วิเคราะห์ค่าพลังงานรวม (gross energy) และวิเคราะห์กรดอะมิโนโดยใช้เครื่อง Amino Acid Analyzer

4 วิเคราะห์ความเข้มข้นของแร่ธาตุ คือ แคลเซียม เหล็ก โพแทสเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส โซเดียม และสังกะสี โดยเครื่อง Atomic absorption/flame emission spectrophotometer วิเคราะห์ความเข้มข้นของทองแดง ซีลีเนียม แคดเมียมและตะกั่ว โดยเครื่อง Inductively coupled plasma-mass spectrometer (ICP-MS) และวิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยเครื่อง Spectrophotometer

5 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี ค่าพลังงานรวม ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy) และกรดอะมิโนของไข่น้ำกับ ของกากถั่วเหลือง

6 วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลความเข้มข้นของแร่ธาตุโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของแร่ธาตุแต่ละชนิดในฤดูการร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Analysis System (SAS, 1996)

ผลการทดลอง

ไข่น้ำมีโปรตีน 29.61 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง และกรดอะมิโนไลซีน และ เมทไทโอนีน เท่ากับ 5.00 และ 1.45 กรัมต่อ 100 กรัมโปรตีน ตามลำดับ ขณะที่กากถั่วเหลืองมีโปรตีน 44 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งสูงกว่าโปรตีนในไข่น้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองพบว่า ไข่น้ำมีระดับโปรตีน กรดอะมิโนไลซีน ไอโซลิวซีน ฮีสทิดีน และอาร์จินีน ต่ำกว่า ส่วนกรดอะมิโนอื่นๆ ใกล้เคียงกัน ส่วนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของกากถั่วเหลืองมีค่าสูงกว่าของไข่น้ำ (Table 3.1)

Table 3.1 Chemical composition and amino acid profile of cultivated Water meal

Chemical composition (g/100g DM)	Water meal	Soybean meal ¹
Dry matter	4.74	88.20
Crude protein	29.61	44.00
Ether extract	4.00	0.80
Crude fiber	8.76	7.00
Ash	16.01	-
Gross energy (kcal/kg)	3870.22	4,197.00 ²
Metabolizable energy (kcal/kg)	1047.80 ³	2,230.00
Amino acid (g/100g CP)		
Lysine	5.00	6.11
Methionine	1.45	1.41
Cystine	1.15	1.50
Methionine+Cysteine	2.60	-
Threonine	3.65	3.91
Valine	5.47	4.70
Isoleucine	3.75	4.45
Leucine	7.16	7.70
Phenylalanine	4.56	4.91
Histidine	1.89	2.66
Arginine	5.57	7.14

Sources: ¹NRC (1994), ²Longo *et al.* (2004), ³Poonpan *et al.* (2009)

ฤดูการผลิตมีอิทธิพล ($P<0.05$) ต่อระดับแร่ธาตุของไข่น้ำ ผลการศึกษาพบว่าไข่น้ำในฤดูร้อนและฤดูฝนมีระดับแคลเซียม ฟอสฟอรัส ซีลีเนียม ทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่ไข่น้ำในฤดูร้อนและฤดูฝนมีแร่ธาตุเหล่านี้สูงกว่า ($P<0.05$) ไข่น้ำในฤดูหนาว ขณะที่ไข่น้ำในฤดูฝนมีระดับแมกนีเซียม โซเดียม เหล็ก สังกะสี และแมงกานีสสูงกว่า ($P<0.05$) ไข่น้ำในฤดูร้อนและฤดูหนาว (Table 3.2)

Table 3.2 The mineral profile of cultivated Water mea in different seasons

Minerals	Seasons			Average±SE
	Summer	Rainy	Winter	
Ca	3694.14 ^a	3972.87 ^a	1130.65 ^b	2932.55±454.17
P	198.56 ^a	210.49 ^a	172.18 ^b	193.74±6.07
Mg	3840.89 ^b	4972.30 ^a	1364.81 ^c	3392.67±532.65
K	1446.82 ^a	1384.20 ^b	1075.18 ^c	1302.06±57.58
Na	467.80 ^b	548.51 ^a	317.73 ^c	444.68±33.85
Cu	2.81 ^a	2.32 ^a	1.38 ^b	2.17±0.23
Fe	644.82 ^b	981.97 ^a	55.73 ^c	560.84±135.39
Zn	55.59 ^b	62.57 ^a	2.08 ^c	40.08±9.57
Mn	165.59 ^b	361.96 ^a	37.47 ^c	188.34±47.29
Se	7.40 ^a	7.57 ^a	4.73 ^b	6.56±0.46
Cd	0.135 ^a	0.13 ^a	0.02 ^b	0.09±0.01
Pb	0.01	0.01	0.01	0.01±0.0006

วิจารณ์ผลการทดลอง

ระดับโปรตีนของไข่น้ำของการทดลองนี้ใกล้เคียงกับระดับโปรตีนไข่น้ำที่ถูกรายงานอยู่ในช่วง 29.9-31.25 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (Chowdhury *et al.*, 2000, Huque *et al.*, 1996) ปกติแล้วระดับโปรตีนของไข่น้ำขึ้นกับปัจจัยหลายประการโดยเฉพาะความเข้มข้นของไนโตรเจนในน้ำ (Skillicorn *et al.*, 1993, Leng, 1999) Rusoff *et al.* (1980) รายงานระดับโปรตีนของไข่น้ำที่เก็บจากบ่อบำบัดน้ำเสียจากมูลโคที่ 36.5 กรัมต่อ 100 กรัม ขณะที่ไข่น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีโปรตีน เท่ากับ 20.4 กรัมต่อ 100 กรัม (Chareontesprasit and Jiwyam, 2001) แม้ว่าระดับโปรตีนของไข่น้ำจะค่อนข้างมีความผันแปร แต่ข้อมูลเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่าไข่น้ำมีโปรตีนค่อนข้างสูง

ในปัจจุบันนี้ข้อมูลกรดอะมิโนของไข่น้ำค่อนข้างมีน้อยมาก Rusoff *et al.* (1980) พบว่าไข่น้ำมีกรดอะมิโนไลซีนและเมทไทโอนีน เท่ากับ 3.37 และ 0.87 กรัมต่อ 100 กรัมโปรตีนตามลำดับ ระดับกรดอะมิโนไลซีนและเมทไทโอนีนของไข่น้ำในการทดลองนี้มีค่าสูงกว่าของ Rusoff *et al.* (1980) แต่ใกล้เคียงกับระดับกรดอะมิโนไลซีน (5.00-5.93 กรัมต่อ 100 กรัมโปรตีน) และเมทไทโอนีน (1.38-1.40 กรัมต่อ 100 กรัมโปรตีน) ของแห่นเป็ด *Lemna minor* (Dewanji, 1993, Hanczakowski *et al.*, 1995) ดังนั้นใช้พืชวงศ์แห่นเป็ดเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ จะทำให้สัตว์ได้รับกรดอะมิโนส่วนใหญ่ครบถ้วน ยกเว้นกรดอะมิโนเมทไทโอนีน นอกจากนี้ยังอาจขาดกรดอะมิโนไอโซลิวซีนด้วย (Hanczakowski *et al.*, 1995) เช่นเดียวกับ

Rusoff *et al.* (1980) ที่แนะนำว่าพืชวงศ์แหวนเปิดเป็นแหล่งของกรดอะมิโนไลซีนที่ดี แต่ขาดกรดอะมิโนเมทไทโอนีน เมื่อเปรียบเทียบกับ FAO reference pattern (FAO, 1973) ฉะนั้นการใช้ไข่น้ำเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่ไข่จึงพึงระวังการขาดกรดอะมิโนเมทไทโอนีน

ไข่น้ำมีระดับโปรตีน กรดอะมิโนไลซีน ไอโซลิวซีน ฮีสทิดีน และอาร์จินีน ต่ำกว่ากากถั่วเหลือง ส่วนกรดอะมิโนอื่นๆ ใกล้เคียงกัน (Table 3.1) Skillicorn *et al.* (1993) รายงานว่าโปรตีน และกรดอะมิโนไลซีนและเมทไทโอนีนของพืชวงศ์แหวนเปิดสูงกว่าของแหล่งโปรตีนจากพืชชนิดอื่น อย่างไรก็ตาม Leng (1999) ระบุว่าพืชวงศ์แหวนเปิดเป็นแหล่งกรดอะมิโนที่จำเป็นบางชนิด เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นปกติในการผลิตสัตว์ ระดับของกรดอะมิโนของพืชวงศ์แหวนเปิดขึ้นกับระดับและแหล่งไนโตรเจนในน้ำ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ และปัจจัยอื่น (Goopy and Murray, 2003) รวมทั้งระดับน้ำย่อย ribose biphosphate carboxylase ด้วย (Leng, 1999)

ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าฤดูกาลมีอิทธิพล ($P < 0.05$) ต่อระดับแร่ธาตุในไข่น้ำ โดยไข่น้ำในฤดูหนาวมีระดับแร่ธาตุต่ำกว่าไข่น้ำในฤดูร้อนและฤดูฝน ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ นับเป็นระยะพักตัว (turion stage) ของไข่น้ำ (Fujita *et al.*, 1999) ดังนั้นการดูดซึมและการใช้ประโยชน์ของแร่ธาตุในไข่น้ำจึงต่ำกว่าฤดูกาลอื่น จากการสังเกตของผู้วิจัยและสอบถามผู้ผลิตไข่น้ำพบว่า ผลผลิตของไข่น้ำในฤดูหนาวจะต่ำที่สุดในรอบปี และผลผลิตแต่เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Landolt (1986) ที่รายงานว่าไข่น้ำจะเจริญเติบโตลดลงเมื่ออุณหภูมิลดลง และไข่น้ำจะหยุดการเจริญเติบโต เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 14 องศาเซลเซียส

ผลการศึกษาในการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ไข่น้ำสามารถใช้เป็นทั้งแหล่งโปรตีน และแหล่งแร่ธาตุที่ดีสำหรับสัตว์

สรุป

ไข่น้ำมีระดับโปรตีน กรดอะมิโนไลซีน ไอโซลิวซีน ฮีสทิดีน และอาร์จินีน ต่ำกว่ากากถั่วเหลือง ส่วนกรดอะมิโนอื่นๆ ใกล้เคียงกับกากถั่วเหลือง

ในฤดูกาลหนาวไข่น้ำมีระดับแร่ธาตุต่ำกว่าฤดูร้อนและฤดูฝน

การทดลองย่อยที่ 1.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

วิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

วัสดุอุปกรณ์

ขวดน้ำพลาสติกขนาด 750 มิลลิลิตร

กระป๋องพลาสติก

กะละมังพลาสติก

ชั้นวาง

มุ้ง

ฝาร่ม

หลอดไฟแบบตะเกียบ

ขาหนีบหลอดไฟ

เครื่องตัดไฟอัตโนมัติ

ตู้อบไอร้อน (hot air oven):BINDER T410261, Germany

เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

เครื่องชั่งไฟฟ้า: TC 254 บริษัท Denver Instrument Company

เครื่องวัดความเข้มแสง (Luxmeter) : WalKLAB Digital Lux meter

เทอร์โมมิเตอร์

กล้องจุลทรรศน์

สารเคมี

NaOH 1 N และ HCl 1 N

ปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15

อาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง

อาหารสูตร Hoagland's E-medium (Battke and Dietrich, 2007) ดัง Table 3.3, 3.4

และ 3.5

Table 3.3 Hoagland's E-medium

Reagents	Stock solution (g/100 ml)	Volume (ml/l)
1. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	24.6	1.0
2. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	23.6	2.3
3. KH_2PO_4	13.6	0.5
4. KNO_3	10.1	2.5
5. Micronutrients	Micronutrient Solution (ตาราง 5)	0.5
6. Fe-EDTA	Fe-EDTA Solution (ตารางที่ 6)	20.0

โดยปกติแล้วอาหาร Hoagland's E-medium นั้นจะต้องทำการ Autoclave เพื่อฆ่าเชื้อ แต่เนื่องจากในห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงมิได้ควบคุมเกี่ยวกับการปลอดเชื้อ ในการทดลองนี้จึงไม่ได้ทำการฆ่าเชื้อในอาหารดังกล่าว

Table 3.4 Composition of Micronutrient Solution

Reagents	Stock Solution (g/l)
1. H_3BO_3	2.86
2. $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1.82
3. $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.22
4. $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.09
5. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.09

Table 3.5 Composition of Fe-EDTA Solution

Reagents	Stock Solution (g/250 ml)
1. $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.121
2. EDTA	0.375

วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษานี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) ชนิดอิทธิพลแบบกำหนด (Fixed Effect Model) ซึ่งแต่ละสิ่งทดลองมี 3 ซ้ำ

การเตรียมภาชนะที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงไข่น้ำ

1. ภาชนะที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงคือขวดน้ำพลาสติกขนาด 750 มิลลิลิตร และกระป๋องพลาสติกขนาดเล็ก

2. ทำการตัดบริเวณด้านข้างของขวดพลาสติก แล้วทำการอุดด้วยดินน้ำที่บริเวณฝาปิดเพื่อไม่ให้อาหารไหลออกจากขวดได้

3. นำไปฆ่าเชื้อด้วยแอลกอฮอล์ 70% ล้างด้วยน้ำกลั่น แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง

การเตรียมอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงไข่น้ำ

อาหารสำหรับเพาะเลี้ยงไข่น้ำในการศึกษาครั้งนี้คืออาหารสูตร Hoagland's E-medium โดยเตรียมจาก Stock solution แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ในการเพาะเลี้ยงไข่น้ำจะทำการบรรจุอาหารสูตร Hoagland's E-medium ลงในขวดพลาสติกและกระป๋องที่เตรียมไว้ อย่างละ 500 และ 40 มิลลิลิตร ตามลำดับ

การเตรียมตัวอย่างไข่น้ำและการเพาะเลี้ยง

นำไข่น้ำที่เก็บจากบ่อดินมาล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด แล้วนำไปแช่ไว้ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 1 คืน ก่อนนำไปเพาะเลี้ยง

การเพาะเลี้ยงและการดูแลรักษา

ทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำใน 2 ลักษณะ คือ ทำการเพาะเลี้ยงในขวดพลาสติก ทำการเก็บผลผลิตด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง และการเพาะเลี้ยงในกระป๋องพลาสติก โดยวิธีนับจำนวนฟรอนด์ของไข่น้ำ วิธีการเพาะเลี้ยงมีดังนี้

การเพาะเลี้ยงในขวดพลาสติก

1 ใช้กระชอนผ้าร่มตักไข่น้ำที่แช่ในน้ำกลั่น 1 คืน นำมาล้างด้วยน้ำกลั่น หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ

2 ชั่งน้ำหนักสดของไข่น้ำ แต่ละตัวอย่างมีน้ำหนักประมาณ 1.5 กรัม ด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักไข่น้ำสด นำตัวอย่างไข่น้ำแต่ละตัวอย่างลงในขวดน้ำพลาสติกที่มีอาหารสูตร Hoagland's E-medium ปริมาตร 500 มิลลิลิตรต่อหน่วยทดลอง โดยทำการเลี้ยงเป็นเวลา 10 วัน และทำการเก็บไข่น้ำทั้งหมดในวันสุดท้าย

การเพาะเลี้ยงในกระป๋องพลาสติก

1. นำฟรอนด์ของไข่น้ำที่มีความสมบูรณ์ จำนวน 5 ฟรอนด์ มาทำการเพาะเลี้ยงในกระป๋องพลาสติกที่มีอาหารสูตร Hoagland's E-medium ปริมาตร 40 มิลลิลิตรต่อหน่วยทดลอง โดยทำการเลี้ยงไข่น้ำเป็นเวลา 15 วัน และทำการนับจำนวนทุกๆ 3 วัน

2. ทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส)

3. ให้แสงด้วยหลอดไฟนีออนแบบตะเกียบที่เปิดเปิดด้วยเครื่องตัดไฟอัตโนมัติ ตั้งรอบเวลาที่ 12:12 ชั่วโมง

4. ตลอดการทดลองไม่มีการเปลี่ยนน้ำ ทำการปรับระดับน้ำด้วยน้ำกลั่นให้อยู่ในระดับเดิมเสมอ

5. ดูแลไม่ให้สิ่งใดตกลงไปในขวด โดยการกางมุ้งให้ หากมีวัสดุหรือแมลงตกลงไปในภาชนะที่เพาะเลี้ยงให้เก็บออกให้หมด

การทดสอบเบื้องต้นเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

นำไข่น้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงไข่น้ำของนายบัวเรียน ภูบุญเดิม อ.ยางตลาด จ.กาฬสินธุ์ มาทำการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ ทำการศึกษาโดยนำไข่น้ำจากธรรมชาติมาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ โดยใช้อาหารสูตร Hoagland's E-medium ในเพาะเลี้ยงไข่น้ำ ปรับระดับความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 5 (กฤษสิ, 2537) ทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 15 วัน โดยจะวัดผลการเจริญเติบโต ทุกๆ 3 วัน รวมทั้งทำการศึกษาปริมาณสารอาหาร N, P และ K ในอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงใน และ ทำสังเกตการเจริญเติบโตของไข่น้ำ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการกำหนดแนวทางการทดลองในห้องปฏิบัติการต่อไป

การศึกษัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

การศึกษาระดับความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

ทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำด้วยอาหารสูตร Hoagland's E-medium ที่ทำการปรับระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงไข่น้ำด้วย NaOH 1 N และ HCl 1 N จำนวน 7 ระดับ คือ 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ทำการเพาะเลี้ยงที่ความเข้มแสงประมาณ 3,000-4,000 ลักซ์

การศึกษปริมาณสารอาหาร N-P-K ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

ทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำ โดยใช้อาหารสูตร Hoagland's E-medium ที่เติมปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 ที่ระดับความเข้มข้นของปุ๋ย 6 ระดับ คือ 50, 100, 200, 400, 800 และ 1,600 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการปรับระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ให้อยู่ที่ระดับ 5 ความเข้มแสงประมาณ 3,000-4,000 ลักซ์

การศึกษาระดับความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

ทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำให้มีระดับความเข้มแสงที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 2,000 4,000 8,000 12,000 และ 15,000 ลักซ์ ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้การเพาะเลี้ยงด้วยอาหารสูตร Hoagland's E-medium ปรับระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ให้อยู่ที่ระดับ 5

การศึกษาในเชิงอุตสาหกรรมขนาดย่อม

ภายหลังจากทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการแล้ว จะทำการศึกษัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำในลักษณะของอุตสาหกรรมขนาดย่อมของการเพาะเลี้ยงไข่น้ำ โดยทำการเพาะเลี้ยงด้วยกะละมังพลาสติก แล้วนำมาเพาะเลี้ยงไว้กลางแจ้ง ซึ่งขั้นตอนการศึกษานั้นจะเหมือนกันกับการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยทำการชั่งน้ำหนักสดของไข่น้ำมา 15 กรัม นำไปเลี้ยงด้วยอาหารสูตร Hoagland's E-medium ปริมาตร 15 ลิตร ในกะละมังพลาสติก แล้วนำไปเพาะเลี้ยงไว้กลางแจ้ง วัดผลการเจริญเติบโตโดยการชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง

การวัดการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

1. การเพาะเลี้ยงในกระป๋องพลาสติก วัดผลการเจริญเติบโตในทุกๆ 3 วัน โดยการนับจำนวนฟรอนต์ เป็นเวลา 15 วัน

2. การเพาะเลี้ยงในขวดพลาสติก วัดผลการเจริญเติบโต โดยการชั่งน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งหลังจากทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำเป็นเวลา 10 วัน โดยใช้ฝาร่มกรองไข่น้ำในแต่ละหน่วยการทดลอง ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำแล้วนำไปชั่งน้ำหนักสด จดบันทึกข้อมูล แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่ง จดบันทึกน้ำหนักแห้ง

3. การเพาะเลี้ยงในเชิงอุตสาหกรรมขนาดย่อม วัดผลการเจริญเติบโต โดยการชั่งน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งหลังจากทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำเป็นเวลา 10 วัน โดยใช้ฝาร่มกรองไข่น้ำในแต่ละหน่วยการทดลอง ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำแล้วนำไปชั่งน้ำหนักสด จดบันทึกข้อมูล แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่ง จดบันทึกน้ำหนักแห้ง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทดสอบสมมุติฐานเบื้องต้น โดยใช้ One-Way ANOVA ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างตามวิธี Duncan's new multiple range test

ผลการศึกษา

ผลการทดสอบเบื้องต้นเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

ทดลองเพาะเลี้ยงไข่น้ำเบื้องต้น โดยทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำในห้องปฏิบัติการ ให้แสงด้วยหลอดไฟนีออนแบบตะเกียบที่ตั้งรอบเวลาเปิดไว้ที่ 12:12 ชั่วโมง มีความเข้มแสงระหว่าง 3,000-4,000 ลักซ์ ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้อยู่ที่ 5

จำนวนฟรอนต์

จากการเลี้ยงไข่น้ำในกระป๋องพลาสติก โดยการนับจำนวนฟรอนต์ของไข่น้ำ พบว่าไข่น้ำมีการแตกหน่อในทุกๆ 3 วัน (Figure 3.1) และเมื่อทำการเพาะเลี้ยงเกินกว่า 15 วัน พบว่าในอาหาร Hoagland'E-medium มีสาหร่าย (*Chlorella* spp.) เกิดขึ้นในกระป๋องพลาสติก โดยจะมีลักษณะเป็นสีเขียวกระจายไปทั่วผิวน้ำอาหาร

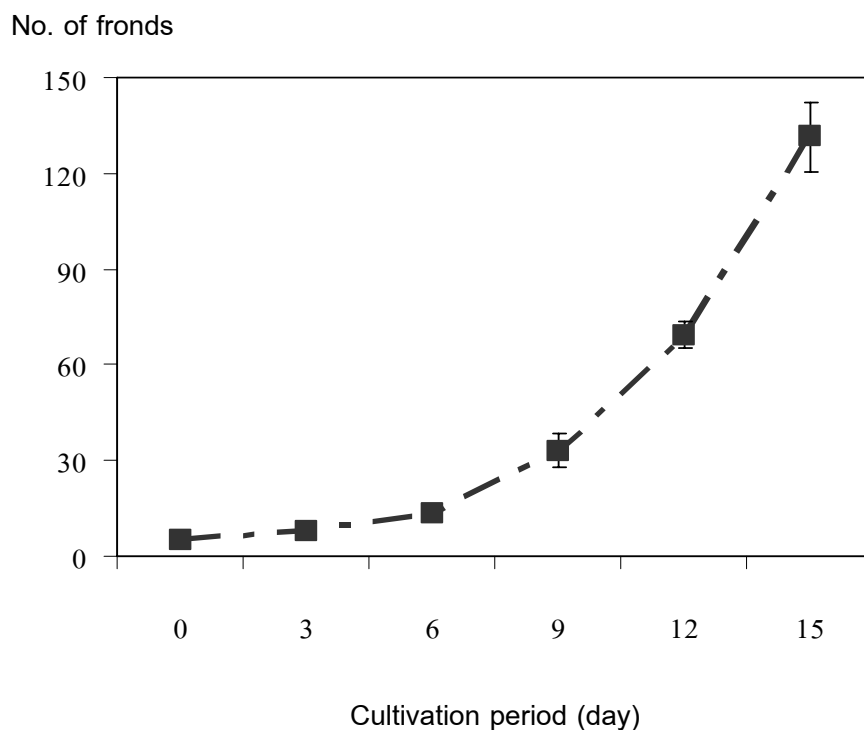


Figure 3.1 Increasing of number of fronds of Water meal cultivated on Hoagland'E-Medium for 15 days

น้ำหนักสดและแห้งของไข่น้ำ

การทดลองนี้ได้นำไข่น้ำมาเพาะเลี้ยงในขวดพลาสติกขนาด 750 มิลลิลิตร โดยเลี้ยงในอาหาร Hoagland'E-medium วัดผลการเจริญเติบโตทุก ๆ 3 วัน เป็นเวลา 15 วัน (Figure 3.2) พบว่า หลังจากเพาะเลี้ยงได้ 12 วัน ไข่น้ำเจริญเติบโตมาก ทำให้เกิดการเกาะอยู่บริเวณขอบของขวด และแห้งตาย แสดงว่าความหนาแน่นมีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ จากการทดลองนี้จึงเป็นแนวทางที่จะทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำในขวดพลาสติกเป็นเวลา 10 วัน

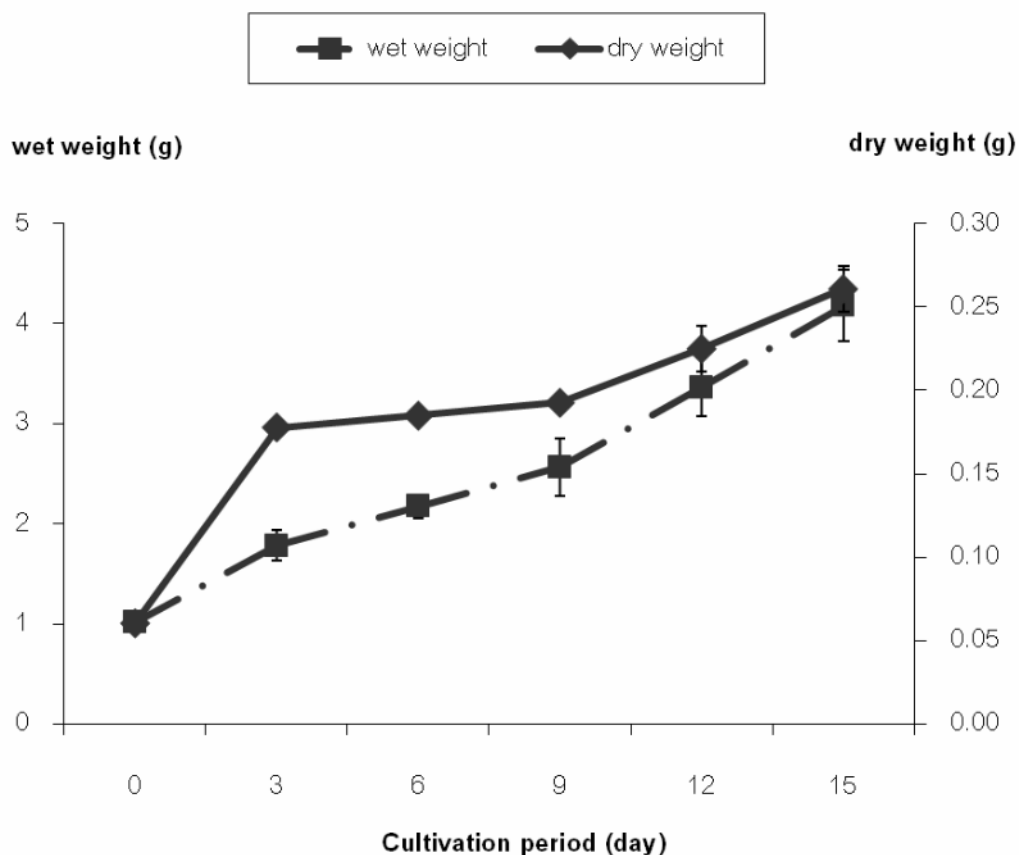


Figure 3.2 Fresh and dry weights of Water meal cultivated on Hoagland'E-medium for 15 days

ผลการศึกษาระดับความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

จำนวนฟรอนด์ของไข่น้ำ

ในการทดลองได้นำไข่น้ำมาเลี้ยงในอาหาร Hoagland'E-medium ที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารเลี้ยงเป็น 7 ระดับ คือ 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ให้แสงด้วยหลอดไฟนีออนที่ตั้งรอบเวลาปิดเปิดไว้ที่ 12:12 ชั่วโมง มีความเข้มแสงระหว่าง 3,000-4,000 ลักซ์

ผลการตรวจสอบจำนวนของไข่น้ำ หลังจากทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 15 วัน (Figure 3.3) พบว่า ไข่น้ำที่เลี้ยงไว้ในอาหาร Hoagland'E-medium ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 มีจำนวนฟรอนด์ไข่น้ำมากที่สุด และภายหลังจากทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำในอาหาร Hoagland'E-medium เป็นเวลา 3 วัน พบว่าเมื่อทำการเพาะเลี้ยง ที่ระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง 3 ไข่น้ำมีการตายเกิดขึ้น

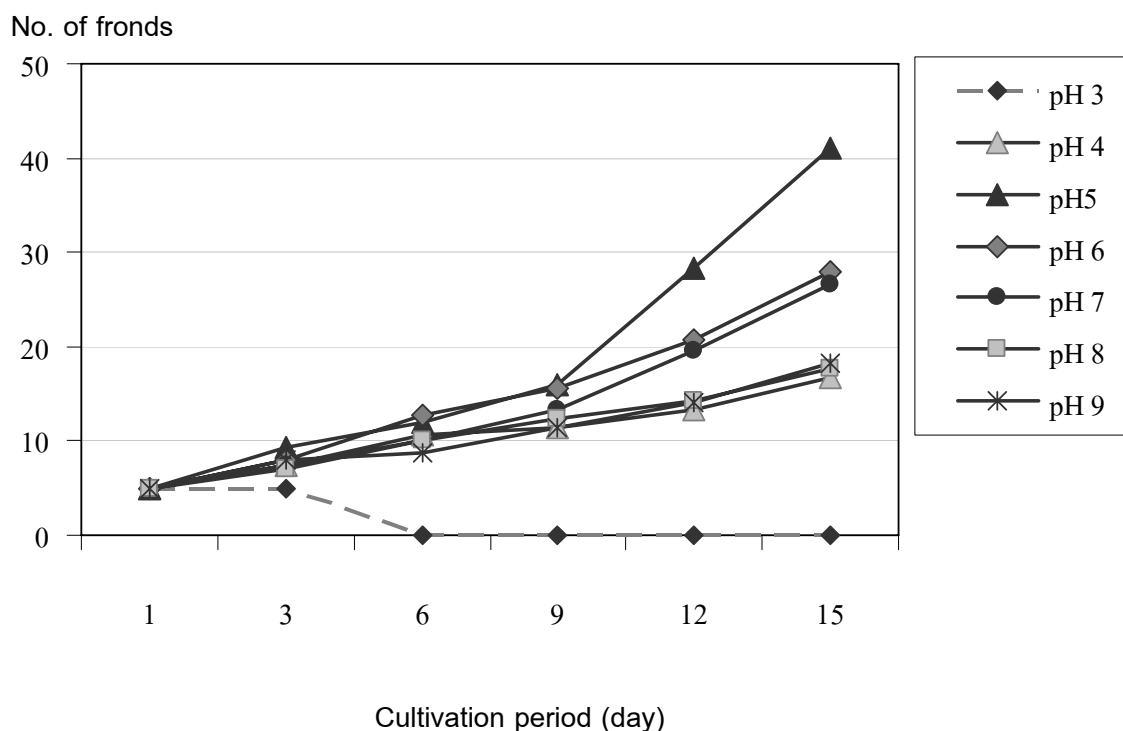


Figure 3.3 Increasing of number of fronds of Water meal cultivated on different pH Hoagland'E-Medium for 15 days

Table 3.6 Increasing of number of fronds of Water meal cultivated on different pH Hoagland'E-Medium for 15 days

Cultivation period (day)	pH of Hoagland'E-Medium						
	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
0	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00
3	5.00±0.00	7.33±1.15	9.33±0.58	8.00±0.00	7.33±0.58	7.00±1.00	8.00±1.00
6	0.00	10.67±1.53	12.00±2.00	12.67±1.15	10.00±1.00	10.00±0.00	8.67±0.58
9	0.00	11.33±1.53	16.00±2.00	15.67±2.52	13.33±4.04	12.33±1.53	11.33±1.53
12	0.00	13.33±1.53	28.33±9.29	20.67±1.15	19.67±2.08	14.33±3.21	14.00±1.00
15	0.00	16.67±2.31	41.00±12.49	28.00±1.73	26.67±5.51	17.67±3.79	18.33±2.31

Experimental condition: room temperature 28-30 C, light intensity 3,000-4,000 lux at 12:12 h.

จาก Figure 3.3 และ Table 3.6 พบว่าจำนวนฟรอนต์ของไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงในอาหาร Hoagland'E-medium ที่มีระดับค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 มีมากที่สุด ($P<0.05$) ซึ่งมีจำนวนฟรอนต์เท่ากับ 41.00 ± 12.49 ฟรอนต์ หลังจากทำการเพาะเลี้ยงได้ 15 วัน และไข่น้ำจะตายเมื่อทำการเพาะเลี้ยง ในอาหาร Hoagland'E-medium ที่ระดับค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 3 โดยความแตกต่างจะเริ่มพบตั้งแต่วันที่ 12 ของการเพาะเลี้ยง

น้ำหนักสดและแห้ง

จากการเพาะเลี้ยงไข่น้ำในขวดพลาสติกด้วยอาหาร Hoagland'E-medium ที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน พบว่า น้ำหนักสดและแห้งของไข่น้ำสูงสุด เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหาร Hoagland'E-medium ที่ความเป็นกรด-ด่าง มีค่าอยู่ที่ระดับ 5 (Figure 3.4)

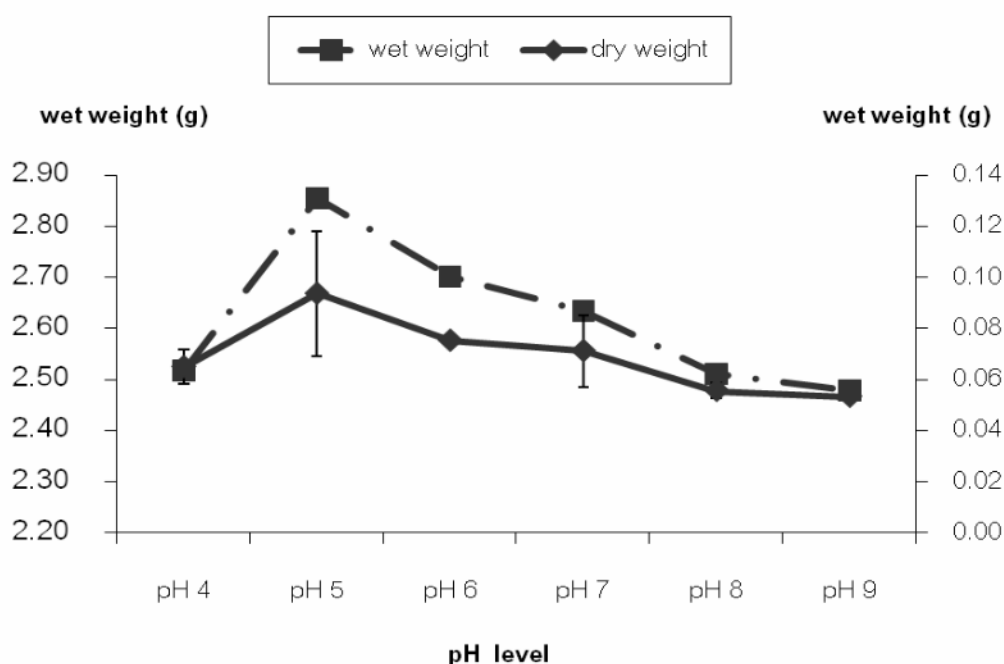


Figure 3.4 Fresh and dry weights of Water meal cultivated on different pH Hoagland'E-medium for 15 days

Table 3.7 Fresh and dry weights ($g \pm SD$) of Water meal cultivated on different pH
Hoagland'E-medium for 15 days

pH of Hoagland'E-medium	Fresh weight	Dry weight
3	0.000 ± 0.00^a	0.0000 ± 0.00^a
4	2.518 ± 0.04^{bc}	0.0533 ± 0.01^b
5	2.854 ± 0.10^e	0.0936 ± 0.02^c
6	2.700 ± 0.05^d	0.0752 ± 0.00^{bc}
7	2.635 ± 0.08^{cd}	0.0711 ± 0.01^b
8	2.511 ± 0.03^{bc}	0.0556 ± 0.00^b
9	2.479 ± 0.10^b	0.0649 ± 0.00^b

abcde Means on the same column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

จาก Table 3.7 พบว่าไข่น้ำที่ทำการเพาะเลี้ยงในอาหาร Hoagland'E-medium ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 มีน้ำหนักสดและแห้งสูงที่สุด ($P < 0.05$) เท่ากับ 2.854 ± 0.10 และ 0.0936 ± 0.02 กรัม ตามลำดับ ดังนั้นระดับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 จึงเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำมากที่สุด นอกจากนี้จากการสังเกตระหว่างการทดลอง พบว่า อาหารที่ใช้ในการเลี้ยงไข่น้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 9 จะมีลักษณะเป็นเมือกสีนํ้าตาล ส่งผลให้ไข่น้ำที่เลี้ยงไว้มีการเจริญเติบโตลดลง

ผลการศึกษาปริมาณสารอาหาร N-P-K ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

การทดลองนี้ทดสอบระดับความเข้มข้นของปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 ที่มีความเหมาะสมต่อการใช้เลี้ยงไข่น้ำ โดยนำไข่น้ำมาเลี้ยงในอาหาร Hoagland'E-medium ที่มีการเติมปุ๋ยดังกล่าวที่ระดับความเข้มข้น 6 ระดับ คือ 50, 100, 200, 400, 800 และ 1,600 มิลลิกรัมต่อลิตร และปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5

จำนวนฟรอนต์ของไข่น้ำ

ผลจากการนับจำนวนฟรอนต์ไข่น้ำในช่วงเวลา 15 วัน (Figure 3.5) พบว่าไข่น้ำที่เลี้ยงไว้ในอาหาร Hoagland'E-medium ที่มีการเติมปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 ที่ระดับความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนฟรอนต์มากที่สุด รองลงมาคือ ที่ระดับความเข้มข้น 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 1,600 มิลลิกรัมต่อลิตร ไข่น้ำมีจำนวน ฟรอนต์ต่ำกว่าในระดับการทดลองอื่น

No. of fronds

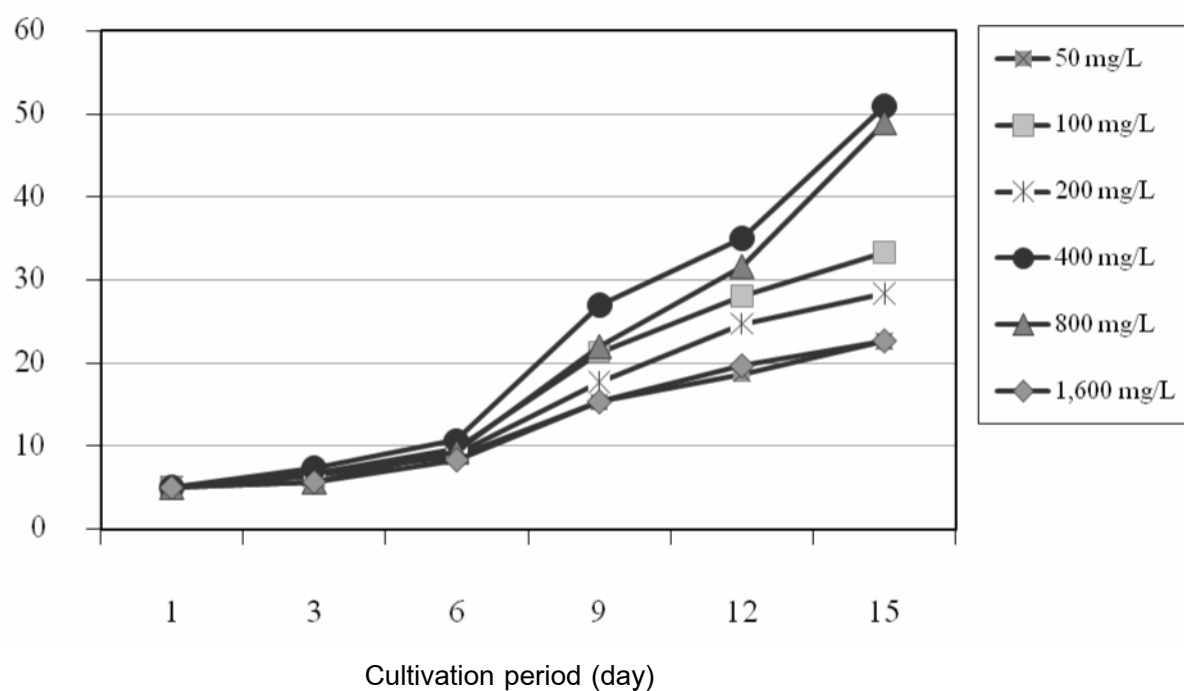


Figure 3.5 Increasing of number of fronds cultivated on Hoagland'E-medium containing different concentrations of N-P-K fertilizer (15-15-15) for 15 days

Table 3.8 Increasing of number of fronds cultivated on Hoagland'E-medium containing different concentrations of N-P-K fertilizer (15-15-15) for 10 days

Cultivation period (day)	Concentrations of N-P-K fertilizer (mg/L)					
	50	100	200	400	800	1,600
0	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00
3	6.67±0.58	6.67±0.58	6.33±1.15	7.33±0.58	5.67±0.58	5.67±0.58
6	8.67±0.58	9.67±1.53	9.00±1.73	10.67±0.58	9.33±3.21	8.33±2.31
9	15.33±4.51	21.33±6.51	17.67±1.53	27.00±8.54	22.00±14.00	15.33±3.21
12	18.67±5.51	28.00±9.64	24.67±5.77	35.00±14.00	31.67±23.86	19.67±7.23
15	22.67±6.66	33.33±10.41	28.33±6.43	51.00±24.56	49.00±42.51	22.67±8.14

Experimental condition: pH = 5, room temperature 28-30 C, light 3,000-4,000 lux at 12:12 h.

จาก Figure 3.5 และ Table 3.8 แสดงเห็นว่าไข่น้ำที่เลี้ยงในอาหาร Hoagland'E-medium ที่มีการเติมปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 ที่ระดับความเข้มข้น 400-800 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนฟรอนต์เพิ่มขึ้นในทุกช่วง 3 วัน อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน เท่ากับ 51.00 ± 24.56 และ 49.00 ± 42.51 ฟรอนต์ หลังจากทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 15 วัน ที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 1,600 มิลลิกรัมต่อลิตร ไข่น้ำมีจำนวนฟรอนต์ต่ำกว่าในระดับการทดลองอื่น มีค่าเท่ากับ 22.67 ± 6.66 ฟรอนต์ ซึ่งมีความแตกต่างจากไข่น้ำที่เลี้ยงไว้ที่ระดับความเข้มข้นอื่น โดยเริ่มปรากฏความแตกต่างให้เห็นตั้งแต่วันที่ 9 ของการเลี้ยง

น้ำหนักสดและแห้ง

จากการทดลองเพาะเลี้ยงไข่น้ำในอาหาร Hoagland'E-medium ที่มีการเติมปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 ในระดับความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 10 วัน พบว่า น้ำหนักสดและแห้ง ไข่น้ำที่เลี้ยงไว้ที่ระดับความเข้มข้นของปุ๋ย 400 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่ระดับความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำหนักสดและแห้งมีค่าต่ำที่สุด (Figure 3.6)

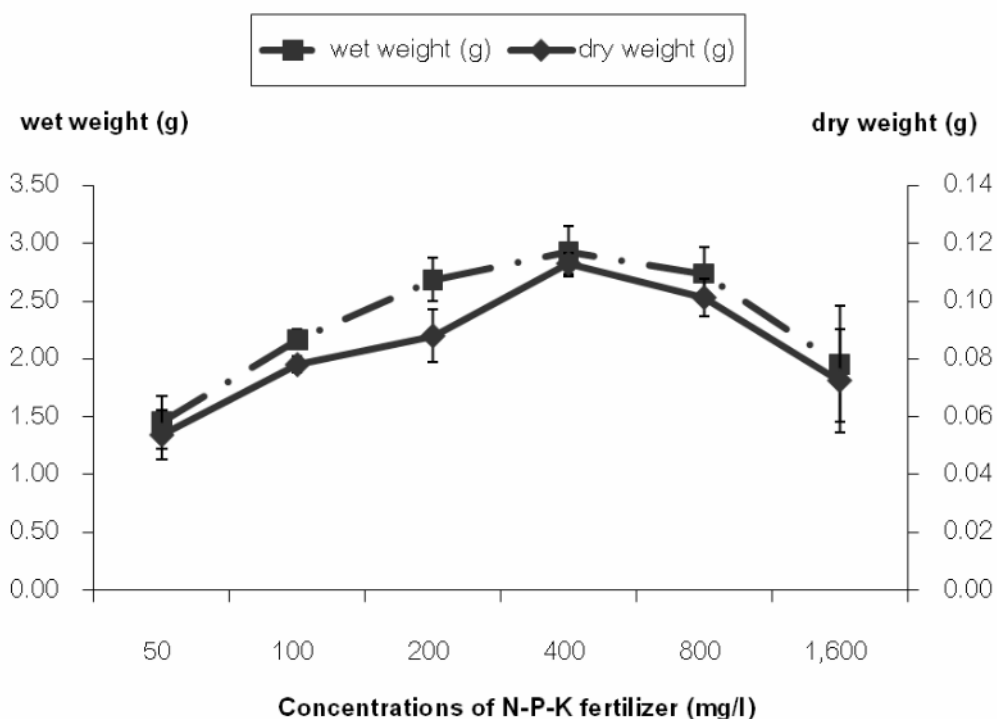


Figure 3.6 Fresh and dry weights of Water meal cultivated on Hoagland'E-medium containing different concentrations of N-P-K fertilizer for 10 days

Table 3.9 Fresh and dry weights (g±SD) of Water meal cultivated on Hoagland'E-medium containing different concentrations of N-P-K fertilizer for 10 days

Concentrations of fertilizer (mg/L)	Fresh weight	Dry weight
50	1.454±0.23 ^a	0.0538±0.01 ^a
100	2.167±0.09 ^{bc}	0.0781± 0.00 ^{bc}
200	2.683±0.19 ^{cd}	0.0880±0.01 ^{bc}
400	2.797±0.21 ^d	0.1130±0.00 ^d
800	2.739±0.23 ^d	0.0946±0.01 ^{cd}
1,600	1.954±0.50 ^{ab}	0.0726±0.02 ^{ab}

^{abcd} Means on the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

จาก Table 3.9 แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำในอาหาร Hoagland'E-medium ที่มีการเติมปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 ในระดับระดับความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 10 วัน พบว่า น้ำหนักสดและแห้งของไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงที่ระดับความเข้มข้นของปุ๋ย 400-800 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดและแห้งสูงกว่า ($P<0.05$) ไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงที่ระดับความเข้มข้นอื่นของปุ๋ย

ผลการศึกษาระดับความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

การทดลองในหัวข้อนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ โดยนำไข่น้ำมาเลี้ยงในอาหาร Hoagland'E-medium ที่ปรับระดับความเป็นกรด-ด่างให้เท่ากับ 5 ทำการเลี้ยงในระดับความเข้มแสง 5 ระดับ คือ 2,000 4,000 8,000 12,000 และ 15,000 ลักซ์

จำนวนฟรอนต์ของไข่น้ำ

ผลการนับจำนวนฟรอนต์ของไข่น้ำในช่วงการทดลอง 15 วัน (Figure 3.7) พบว่า ไข่น้ำมีการเพิ่มจำนวนฟรอนต์มากขึ้นตามปริมาณความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้น โดยจะอยู่ที่ระดับความเข้มแสง 8,000-15,000 ลักซ์ และจำนวนฟรอนต์ต่ำสุดคือที่ระดับความเข้มแสง 2,000 ลักซ์ ดังนั้น ค่าความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำจึงควรมีค่าสูงกว่า 5,000 ขึ้นไป

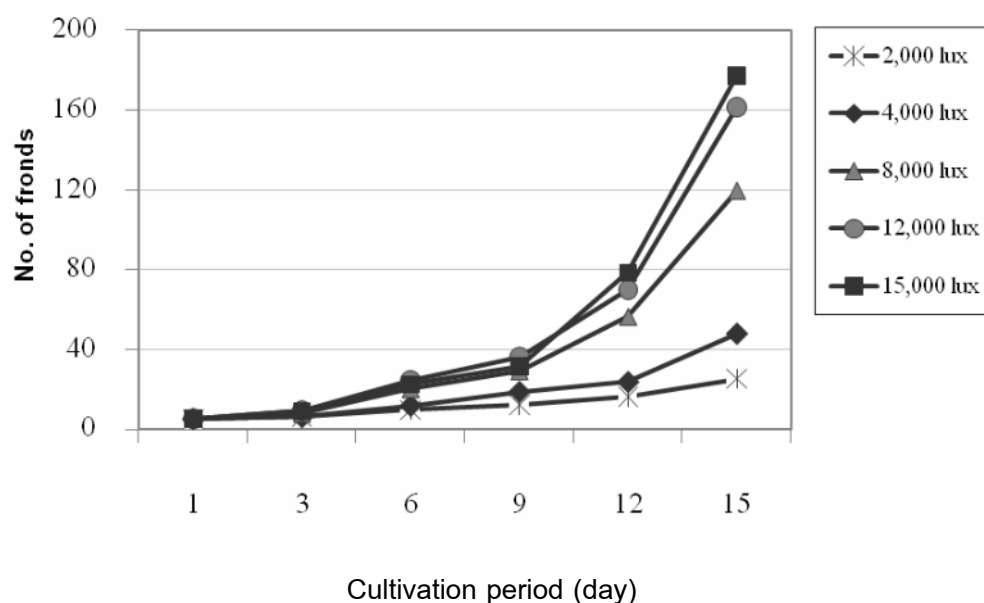


Figure 3.7 Increasing of number of frond of Water meal cultivated on Hoagland'E-medium with different light intensity for 15 days

Table 3.10 Increasing of number of frond of Water meal cultivated on Hoagland'E-medium with different light intensity for 15 days

Cultivation period (day)	concentrations of light (lux)				
	2,000	4,000	8,000	12,000	15,000
0	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00
3	6.00±0.00	6.00±0.00	7.67±0.58	9.33±0.58	9.00±0.00
6	9.67±0.58	11.67±2.08	20.00±3.46	24.33±3.06	22.33±3.06
9	12.33±0.58	18.67±0.58	29.00±9.64	36.00±7.94	31.33±2.52
12	16.33±0.58	23.67±0.58	56.33±18.61	69.67±13.80	78.33±7.64
15	25.33±2.52	48.00±2.65	119.67±28.01	161.33±15.82	177.33±9.50

Experimental condition: pH = 5, room temperature 28-30°C at 12:12 h.

จาก Figure 3.7 และ Table 3.10 แสดงให้เห็นว่าจำนวนฟรอนต์ไข่น้ำสูงที่สุดที่ระดับความเข้มแสง 15,000 ลักซ์ และต่ำสุดที่ความเข้มแสง 2,000 ลักซ์ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 177.33 ± 9.50 และ 25.33 ± 15.82 ฟรอนต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าที่ความเข้มแสง 12,000 ลักซ์ มีจำนวนฟรอนต์ไข่น้ำใกล้เคียงกับที่ความเข้มแสง 15,000 ลักซ์ ดังนั้นที่ระดับความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตไข่น้ำอยู่ในช่วง 12,000-15,000 ลักซ์

น้ำหนักสดและแห้ง

การทดลองเพาะเลี้ยงไข่น้ำในอาหาร Hoagland'E-medium ที่มีความเข้มแสงในระดับต่างๆ เป็นเวลา 10 วัน พบว่า น้ำหนักสดและแห้งของไข่น้ำที่ระดับความเข้มแสง 15,000 ลักซ์ มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มแสง 12,000 ลักซ์ และ 8,000 ลักซ์ ตามลำดับ (Figure 3.8 และ Table 3.11)

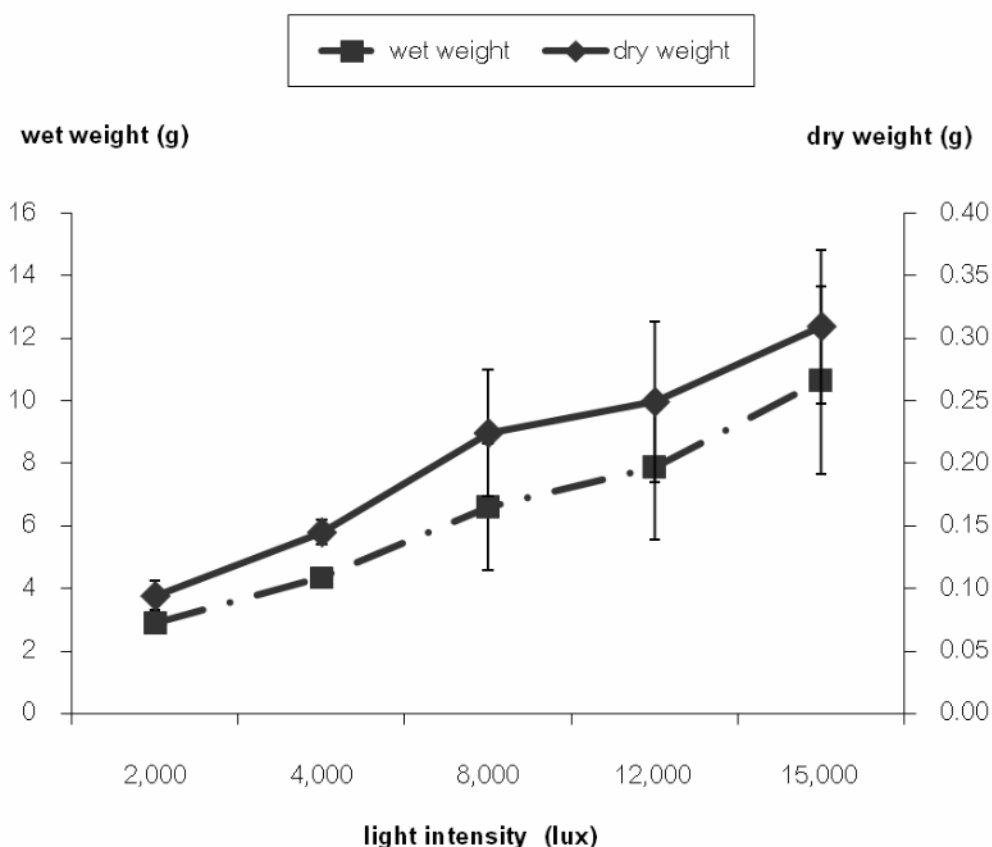


Figure 3.8 Fresh and dry weights of Water meal cultivated on Hoagland'E-medium with different light intensity for 10 days

Table 3.11 Fresh and dry weights (g±SD) of Water meal cultivated on Hoagland'E-medium with different light intensity for 10 days

Concentrations of light (lux)	Fresh weight	Dry weight
2,000	2.911±0.33 ^a	0.094±0.01 ^a
4,000	4.355±0.12 ^{ab}	0.145±0.01 ^{ab}
8,000	6.612±2.01 ^b	0.224±0.05 ^{bc}
12,000	7.901±2.35 ^{bc}	0.249±0.06 ^c
15,000	10.667±3.00 ^c	0.309±0.06 ^c

^{abc} Means on the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

จาก Table 3.11 พบว่าเมื่อระดับความเข้มแสงมากขึ้น การเจริญเติบโตของไข่น้ำจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยที่ระดับความเข้มแสง 15,000 ลักซ์ มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดและแห้งที่สูงที่สุด แต่ น้ำหนักสดและแห้งของไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงในช่วงความเข้มแสง 12,000-15,000 ลักซ์ ไม่แตกต่างกัน ($P<0.05$)

ผลการศึกษาในเชิงอุตสาหกรรมขนาดย่อม

ภายหลังจากทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการแล้ว จึงได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำในลักษณะของอุตสาหกรรมขนาดย่อมของการเพาะเลี้ยงไข่น้ำ โดยการเพาะเลี้ยงในกะละมังขนาดใหญ่ แล้วนำมาไว้กลางแจ้ง โดยทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 10 วัน

ผลการศึกษาระดับความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำในเชิงอุตสาหกรรม (Figure 3.9 และ Table 3.12) โดยนำไข่น้ำมาเพาะเลี้ยงในกะละมังที่เติมน้ำประปาที่มีการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง 6 ระดับ คือ 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 จากการทดลอง พบว่า น้ำหนักสดและแห้งของไข่น้ำที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง 5 มีค่าสูงที่สุด ($P<0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดและแห้งเท่ากับ 69.4956 ± 2.33 และ 3.1288 ± 0.23 กรัม ตามลำดับ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการทดลองในห้องปฏิบัติการ

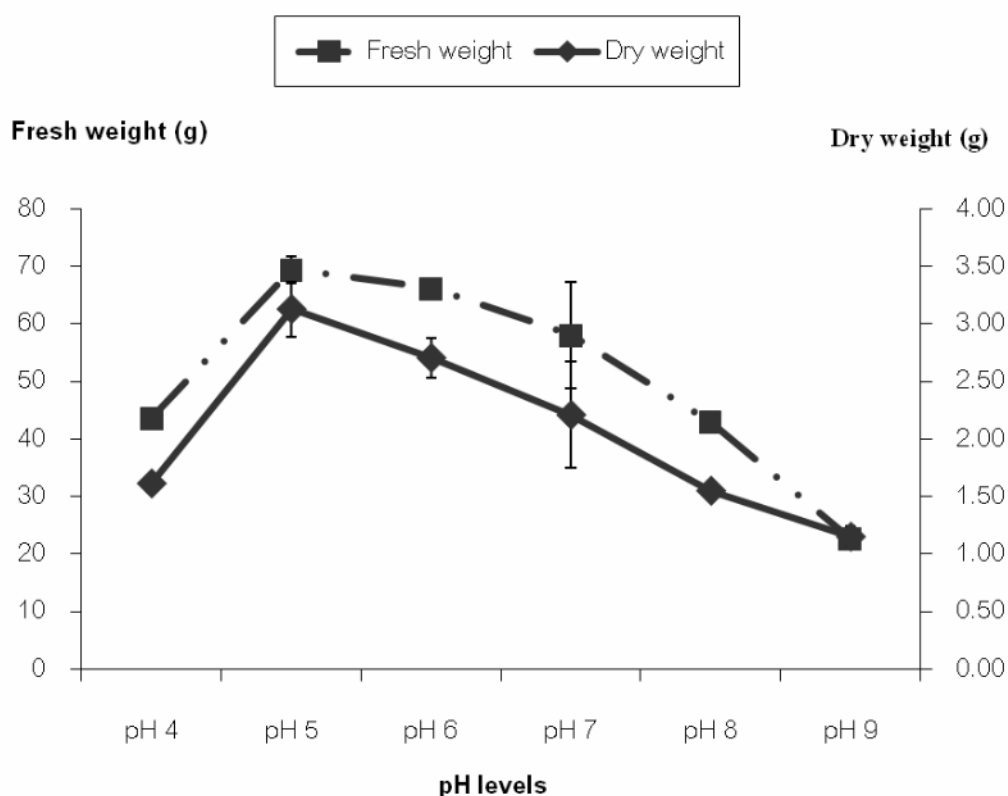


Figure 3.9 Fresh and dry weights of Water meal cultivated on water pipe containing 400 mg/L of N-P-K fertilizer (15-15-15) with different pH for 10 days

จาก Figure 3.9 แสดงให้เห็นว่า ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5-6 มีน้ำหนักสดมากที่สุด ($P<0.05$) และที่ระดับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 น้ำหนักแห้งของไข่น้ำสูงกว่ากลุ่มอื่น ($P<0.05$) และน้ำหนักสดและแห้งของไข่น้ำลดลงเมื่อระดับความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น

Table 3.12 Fresh and dry weights (g±SD) of Water meal cultivated on water pipe containing 400 mg/L of N-P-K fertilizer (15-15-15) with different pH for 10 days

pH of water	Fresh weight	Dry weight
4	43.6782±1.22 ^b	1.6182±0.06 ^b
5	69.4956±2.33 ^d	3.1288±0.23 ^e
6	66.2456±1.80 ^d	2.7060±0.17 ^d
7	58.1275±9.26 ^c	2.2123±0.46 ^c
8	42.9554±0.93 ^b	1.5551±0.05 ^b
9	22.6424±1.90 ^a	1.1568±0.09 ^a

abcd

Means on the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

จาก Table 3.12 แสดงให้เห็นว่า ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดมากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 69.4956 ± 2.33 รองลงมาคือที่ระดับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.2456 ± 1.80 แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยระดับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 9 มีลักษณะเป็นเมือกขึ้นเกิดขึ้น ทำให้ไขน้ำจับกันเป็นกลุ่ม ทำให้การเจริญเติบโตลดลง

ผลการศึกษาระดับความเข้มข้นของปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 ในระดับความเข้มข้นต่างๆ ในเชิงอุตสาหกรรมขนาดย่อม พบว่า น้ำหนักสดและแห้งของไขน้ำที่ระดับความเข้มข้นของปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 เท่ากับ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือที่ความเข้มข้น 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ (Figure 3.10)

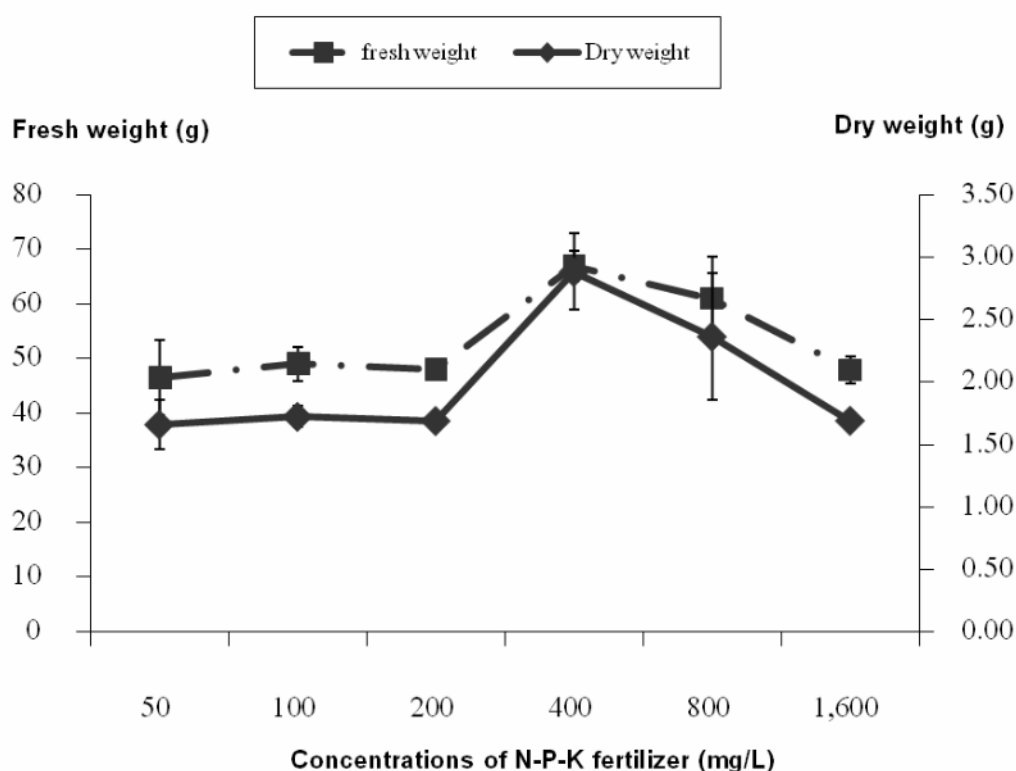


Figure 3.10 Fresh and dry weights of Water meal cultivated on water pipe containing different concentrations of N-P-K fertilizer for 10 days

จาก Figure 3.10 และ Table 3.13 แสดงให้เห็นว่าไขน้ำที่ทำการเลี้ยงในน้ำประปาที่มีการเติมปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 ในระดับความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแห้งมากที่สุด ($P < 0.05$) แต่ที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ไขน้ำที่เพาะเลี้ยงไว้จะมีสีเหลืองซีด จากการทดลองยังพบว่า การลดลงของระดับน้ำแล้วไม่ได้เติมให้ได้ระดับเดิมไขน้ำจะเกาะอยู่ตามขอบกะละมังและทำให้ตายได้

Table 3.13 Fresh and dry weights (g $\pm$ SD) of Water meal cultivated on water pipe containing different concentrations of N-P-K fertilizer (mg/L) for 10 days

concentrations of N-P-K fertilizer	Fresh weight	Dry weight
50	46.5323 $\pm$ 6.90 ^a	1.6617 $\pm$ 0.19 ^a
100	49.1388 $\pm$ 3.13 ^a	1.7243 $\pm$ 0.08 ^a
200	48.0585 $\pm$ 1.35 ^a	1.6912 $\pm$ 0.03 ^a
400	67.0605 $\pm$ 2.83 ^b	2.8893 $\pm$ 0.31 ^c
800	61.0787 $\pm$ 7.71 ^b	2.3690 $\pm$ 0.51 ^b
1,600	47.9487 $\pm$ 2.45 ^a	1.6927 $\pm$ 0.06 ^a

^{abc} Means on the same column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

จาก Table 3.13 แสดงให้เห็นว่าที่ระดับความเข้มข้นของปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ใข้ น้ำมีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 2.8893 $\pm$ 0.31 กรัม รองลงมาคือที่ความเข้มข้นของปุ๋ย 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ใข้ น้ำมีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 2.3690 $\pm$ 0.51 กรัม น้ำหนักสดของใข้ น้ำที่ระดับความเข้มข้นของปุ๋ย 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบเบื้องต้นเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของใข้ น้ำ พบว่าความหนาแน่นของใข้ น้ำ และสาหร่าย (*Chlorella* spp.) ที่ขึ้นบริเวณผิวอาหาร มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของใข้ น้ำ เนื่องจากใข้ น้ำที่หนาแน่นเกินไปจะเกิดการทับถมกันบริเวณขอบภาชนะที่ใช้เลี้ยง ทำให้ใข้ น้ำแห้งตาย ขณะที่สาหร่ายบริเวณผิวหน้าอาหารและเกาะติดกับฟรอนด์ของใข้ น้ำ มีผลกระทบต่อการสังเคราะห์แสงของใข้ น้ำ ทำให้การเจริญเติบโตของใข้ น้ำลดลง

ผลการทดลองพบว่าระดับความเป็นกรด-ด่างของอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของใข้ น้ำเท่ากับ 5 สอดคล้องกับ สุขุมและสุทิน (2550) และ McLay (1976) ที่รายงานว่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ที่เหมาะสมสำหรับการแพร่ขยายพันธุ์ของใข้ น้ำอยู่ระหว่าง 5- 6 กุนทลี (2537) ก็พบว่าในแหล่งน้ำธรรมชาติที่ให้ผลผลิตใข้ น้ำดี จะมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 แสดงว่าใข้ น้ำเป็นพืชที่เจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้ดีในน้ำที่มีลักษณะเป็นกรดเล็กน้อย โดยปกติใข้ น้ำเป็นพืชที่สามารถดำรงชีวิตได้ในน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างตั้งแต่ 3.5-10.4 (Landolt, 1986) การศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าอาหารที่มีค่าความเป็นด่างสูง มีผลทำให้การเจริญเติบโตของใข้ น้ำลดลง เนื่องจากอาหารจะมีลักษณะเป็นเมือก ทำให้ใข้ น้ำเกาะกันเป็นกลุ่ม

ระดับความเข้มข้นของปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 ที่ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ใข้ น้ำมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด เมื่อความเข้มข้นของปุ๋ยเพิ่มขึ้นจะทำให้ใข้ น้ำเจริญเติบโตลดลง ดังนั้นการใช้ปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 ที่ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร (มีปริมาณของไนโตรเจน 6

มิลลิกรัม, ฟอสฟอรัส 6 มิลลิกรัม และโพแทสเซียม 6 มิลลิกรัม) จึงเป็นระดับที่มีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงไข่น้ำ ไข่น้ำต้องการธาตุอาหาร N-P-K เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต โดยไนโตรเจน (N) มีบทบาทเกี่ยวกับน้ำหนักแห้งของไข่น้ำ โดยมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเมตาบอลิซึมภายในเซลล์ ฟอสฟอรัส (P) มีบทบาทช่วยในการเคลื่อนย้ายพลังงานและการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก เป็นบัฟเฟอร์ช่วยให้ค่าความเป็นกรด-ด่างคงที่ และโพแทสเซียม (K) ช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของไข่น้ำ (รติรัตน์ และอุษา, 2546)

ระดับความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำอยู่ระหว่าง 8,000-15,000 ลักซ์ ซึ่งสอดคล้องกับ Landolt (1986) ที่พบว่าไข่น้ำสามารถเจริญได้ในความเข้มแสงระหว่าง 4,000-15,000 ลักซ์ และที่ความเข้มแสง 2,500 ลักซ์ ไข่น้ำจะเจริญเติบโตได้เพียงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของการเจริญเติบโตปกติ นอกจากนี้จากการทดลองของสมศักดิ์ (2542) พบว่า ไข่น้ำที่เลี้ยงโดยได้รับแสง 100 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตเป็นน้ำหนักสดมากกว่าไข่น้ำที่เลี้ยงโดยได้รับแสงเพียง 50 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษาการเพาะเลี้ยงไข่น้ำในห้องปฏิบัติการ และในเชิงอุตสาหกรรมขนาดย่อม สอดคล้องกันทั้งระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง และความเข้มข้นของปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการและเพาะเลี้ยงไข่น้ำในเชิงอุตสาหกรรมขนาดย่อม พบว่าการเพาะเลี้ยงไข่น้ำในเชิงอุตสาหกรรมขนาดย่อม มีการเจริญเติบโตมากกว่าในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากไข่น้ำได้รับแสงแดดในปริมาณที่มากกว่า แต่บริเวณที่ทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำในเชิงอุตสาหกรรม ควรเป็นบริเวณที่โล่งแจ้ง เพื่อให้ไข่น้ำได้รับแสงแดดอย่างทั่วถึง และต้องควบคุมระดับน้ำให้คงที่ เพื่อไม่ให้ ไข่น้ำเกาะตามขอบภาชนะซึ่งไข่น้ำจะแห้งตายได้

สรุป

ความเข้มข้นของปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 เท่ากับ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 และความเข้มแสงช่วง 8,000-15,000 ลักซ์ มีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงไข่น้ำ

บทที่ 4

การทดลองที่ 2 การใช้ไชน้ำเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่ไข่

บทนำ

อาหารสัตว์คิดเป็นต้นทุนการผลิตสัตว์ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่า (Tegua and Fon Fru, 2007) และราคาของวัตถุดิบแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ เช่น กากถั่วเหลือง เป็นต้น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศจีน และประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Robinson and Singh, 2001) ดังนั้นการศึกษากการใช้วัตถุดิบแหล่งโปรตีนอื่น จึงเป็นเรื่องที่จำเป็น เพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกและนำไปสู่การลดต้นทุนการผลิตต่อไป ไชน้ำ (*Wolffia* spp.) เป็นพืชชั้นสูง (macrophytes) ใบเลี้ยงเดี่ยว (monocotyledons) (Landolf, 1986) ขนาดเล็ก (0.5-1.5 มิลลิเมตร) ที่พบในแหล่งน้ำทั่วไปแถบเขตร้อน ไชน้ำอยู่ในวงศ์ *Lemnaceae* ซึ่งประกอบด้วยพืช 5 สปีชีส์ คือ *Landoltia*, *Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia* and *Wolffiella* (Les et al., 2002) ปกติเรียกพืชในกลุ่มนี้ว่าแหนเป็ด (duckweed) พืชในวงศ์นี้มีเพียงไชน้ำที่ถูกนำมาบริโภคในแถบแหลมอินโดจีน (Bhanthumnavin and McGarry, 1971) มีการศึกษาพบว่าการเพาะเลี้ยงแหนเป็ด *Lemna*, *Spirodela*, and *Wolffia* ในประเทศบังกลาเทศ สามารถให้ผลผลิตวัตถุดิบแห้ง เท่ากับ 13-38 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ซึ่งเป็นผลผลิตที่มากกว่าถั่วเหลืองประมาณ 6-10 เท่า (Skillicorn et al., 1993) ไชน้ำที่เพาะเลี้ยงในบ่อบำบัดน้ำเสียทางการเกษตรมีโปรตีน (29.9-45 กรัมต่อ 100 กรัม) สูงกว่าไชน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ (Rusoff et al., 1980; Skillicorn et al., 1993; Huque et al., 1996) และปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนของไชน้ำใกล้เคียงกับของกากถั่วเหลือง (Skillicorn et al., 1993, Rusoff et al., 1980) ดังนั้นไชน้ำจึงน่าจะสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ได้ มีงานวิจัยพบว่าพืชวงศ์แหนเป็ด (*Lemna gibba* and *Lemna minor*) สามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ปีกได้ (ดำรงชัย, 2542; Jhori and Sharma, 1979; Islam et al., 1997; Men et al., 2001; Men et al., 2002) แต่มีเพียง Hausteine et al. (1990) ที่รายงานว่า การใช้ไชน้ำ 15 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร ไม่ส่งผลเชิงลบต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ แต่ทำให้สีไข่แดงเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) ข้อมูลการใช้ไชน้ำในอาหารไก่ไข่ยังมีน้อยมาก ดังนั้นงานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไชน้ำ (*Wolffia globosa* (L) Wimm.) ต่อสมรรถภาพและการผลิตไข่ในไก่ไข่

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การเตรียมไขน้ำ

นำไขน้ำสดไปตากแดดเป็นเวลา 1-2 วันจนแห้งสนิท เมื่อไขน้ำแห้งทำการเก็บไขน้ำในถุงพลาสติก เพื่อใช้สำหรับการผสมอาหารทดลอง

2. การเตรียมโรงเรือนและอุปกรณ์การเลี้ยงสัตว์ทดลอง

ทำความสะอาดพื้นคอกทั้งภายในและภายนอกของโรงเรือนและทำความสะอาดทรงตับ รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้เลี้ยงไก่ไข่ เช่น รางอาหาร และรางน้ำ โรงเรือนทดลองเป็นโรงเรือนระบบระเหยความเย็นด้วยไอน้ำ (evaporative cooling system) อุณหภูมิภายในเท่ากับ 24 องศาเซลเซียส

3. การเตรียมอาหารทดลอง

สูตรอาหารทดลองมีทั้งหมด 5 สูตร โดยสูตรอาหารมีโภชนาพอเพียงต่อความต้องการของไก่ไข่ ตามคำแนะนำของ NRC (1994) ทั้งนี้ส่วนประกอบของสูตรอาหารแสดงใน Table 4.1

กลุ่มการทดลองที่ 1 สูตรอาหารควบคุม (T1)

กลุ่มการทดลองที่ 2 สูตรอาหารควบคุมที่ใช้โปรตีนจากไขน้ำทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลือง 25 เปอร์เซ็นต์ (T2)

กลุ่มการทดลองที่ 3 สูตรอาหารควบคุมที่ใช้โปรตีนจากไขน้ำทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลือง 50 เปอร์เซ็นต์ (T3)

กลุ่มการทดลองที่ 4 สูตรอาหารควบคุมที่ใช้โปรตีนจากไขน้ำทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลือง 75 เปอร์เซ็นต์ (T4)

กลุ่มการทดลองที่ 5 สูตรอาหารควบคุมที่ใช้โปรตีนจากไขน้ำทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลือง 100 เปอร์เซ็นต์ (T5)

4. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ทำการคัดเลือกไก่ไขพันธุ์โรมัน อายุ 71 สัปดาห์ จำนวน 180 ตัว โดยชั่งน้ำหนักและสุ่มเข้ากรงตับ กรงละ 3 ตัว โดยไก่ไข่ได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 07.00 และ 17.00 น สุ่มไก่ไขออกเป็น 5 กลุ่มการทดลอง กลุ่มการทดลองละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 9 ตัว โดยใช้แผนทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) การทดลองใช้ระยะเวลาทั้งหมด 8 สัปดาห์

Table 4.1 Feed ingredient (kg/100kg) and chemical composition (g/100g DM) of dietary treatments

Ingredients	Dietary treatments ¹				
	T1	T2	T3	T4	T5
Corn	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00
Rice bran	14.20	11.46	8.70	5.80	2.73
Full fat soybean	9.30	10.20	11.13	12.10	13.13
Soybean meal (44%CP)	8.00	6.00	4.00	2.00	0.00
Water meal	0.00	3.04	6.07	9.10	12.14
Fish meal	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
DL-Methionine	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Dicalcium phosphate	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Oyster shell meal	7.90	7.90	7.90	7.90	7.90
Soybean oil	2.00	2.80	3.60	4.50	5.50
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Premix ²	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Chemical composition					
Dry matter	96.05	96.46	96.80	96.41	97.47
Crude protein	15.98	16.03	15.91	16.84	16.75
Ether extract	6.01	6.00	6.03	7.26	7.43
Crude fiber	2.45	2.46	2.53	2.74	2.78
Ash	11.84	10.84	13.28	12.75	12.80
ME ³ (kcal/kg)	2,913.34	2,908.11	2,908.15	2,901.64	2,903.50

¹T1 = control; T2, T3, T4 and T5 = 25, 50, 75 and 100 % CP from SBM were replaced by CP from Water meal, respectively.

²Vitamin-mineral premix provide (per kg diet): 10,000 IU vitamin A, 2,000 IU vitamin D₃, 11 mg vitamin E, 1.5 mg vitamin K₃, 1.5 mg thiamin, 4 mg riboflavin, 10 mg pantothenic acid, 0.4 folic acid, 4 mg pyridoxine, 22 mg niacin, 0.4 mg colabamin, 0.1 mg biotin, 60 mg Fe, 70 mg Mn, 50 mg Zn, 8 mg Cu, 0.5 mg Co, 0.7 mg I, 0.1 mg Se. ³Calculated value.

5. การวัดผลและการบันทึกข้อมูล

5.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไข่ไก่และสูตรอาหารทดลอง โดยวิธี Proximate analysis ตามวิธีของ AOAC (1990)

5.2 ปริมาณการกินอาหาร (feed intake)

5.3 ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อไข่ 1 กิโลกรัม (feed conversion ratio / kg of eggs)

5.4 ผลผลิตไข่ (hen-day production)

5.5 คุณภาพไข่ (egg quality)

ทำการสุ่มเก็บไข่ทุกสัปดาห์ เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพไข่ โดยการสุ่มแต่ละซ้ำ ๆ ละ 2 ฟอง รวมเป็นจำนวน 8 ฟองต่อกลุ่มการทดลอง และทำการวัดคุณภาพไข่ ดังนี้

5.5.1 น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง (average eggs weight)

5.5.2 คุณภาพไข่ขาว (Haugh units)

5.5.3 ความหนาเปลือกไข่ (egg shell thickness) โดยใช้ไมโครมิเตอร์

5.4 ความเข้มของสีไข่แดง (colour of yolk) ใช้พัดเทียบสีของบริษัทโรช (Roche yolk colour fan)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มการทดลองโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Analysis System (SAS, 1996)

ผลการทดลอง

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองทั้งหมด มีค่าใกล้เคียงกัน และเพียงพอต่อความต้องการของไก่ไข่ (NRC, 1994)

ปริมาณการกินอาหาร และปริมาณการกินได้ของพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของไก่ไข่ ลดลง ($P < 0.05$) เมื่อโปรตีนจากกากถั่วเหลืองถูกทดแทนด้วยโปรตีนจากไข่ไก่ อย่างไรก็ตามการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่ไก่ไม่มีผลกระทบ ($P > 0.05$) ต่อการกินได้ของโปรตีน และประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อไข่ 1 กิโลกรัม น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่ทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่ไก่ที่ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ -0.09, -0.04, -0.03, -0.03 และ -0.19 กิโลกรัม ตามลำดับ (Table 4.2)

การทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่ไก่ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลกระทบบ้างทำให้ผลผลิตไข่ลดลง ($P < 0.05$) อย่างไรก็ตามการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่ไก่ไม่ส่งผลกระทบบ้าง ($P > 0.05$) ต่อน้ำหนักไข่ Haugh units และความหนาของเปลือกไข่ ทั้งนี้การทดลองยังพบว่าสีของไข่แดงเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) ตามระดับการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่ไก่ (Table 4.3)

Table 4.2 Feed intake, CP intake, ME intake and feed conversion rate of laying hens fed diets containing different levels of protein replacement from Water meal

Parameters	Dietary treatments ¹					SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	
Feed Intake, g/d	97.61 ^a	95.76 ^a	88.03 ^{ab}	88.21 ^{ab}	80.38 ^b	2.02
CP intake, g/d	15.60	15.35	14.01	14.86	13.46	0.30
ME intake, kcal/d	284.35 ^a	278.99 ^a	256.45 ^{ab}	257.00 ^{ab}	234.18 ^b	5.88
Feed conversion rate/kg egg	2.17	2.10	1.96	1.96	2.01	0.03
Body weight changes, kg	-0.09	-0.04	-0.03	-0.03	-0.19	-

^{a-b} Means on the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

¹T1 = control; T2, T3, T4 and T5 = 25, 50, 75 and 100 % CP from SBM were replaced by CP from Water meal, respectively.

Table 4.3 Egg production and egg quality of laying hens fed diets containing different levels of protein replacement from Water meal

Parameters	Dietary treatments ¹					SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	
Egg production, %	71.83 ^a	72.87 ^a	70.98 ^a	74.07 ^a	61.76 ^b	2.24
Egg weight, g	64.47	63.97	65.12	66.59	66.12	0.50
Haugh units, %	77.00	78.00	75.94	79.88	79.38	0.79
Eggshell thickness, mm	0.335	0.345	0.340	0.328	0.323	0.003
Egg yolk colour	5.78 ^e	7.24 ^d	8.63 ^c	9.72 ^b	10.40 ^a	0.39

^{a-e} Means on the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

¹T1 = control; T2, T3, T4 and T5 = 25, 50, 75 and 100 % CP from SBM were replaced by CP from Water meal, respectively.

วิจารณ์ผลการทดลอง

การใช้พืชวงศ์แหวนเปิดเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ปีก มีรายงานวิจัยในไก่กระทอง (ดำรงชัย, 2542, Haustein *et al.*, 1992, Islam *et al.*, 1997) ไก่ไข่ (Haustein *et al.*, 1990, Nolan *et al.*, 1997) เป็ด (Men *et al.*, 2001, Men *et al.*, 2002, Khandaker *et al.*, 2007) และ นกกระทา (ดำรงชัย, 2542) งานวิจัยเหล่านี้ใช้แหวนเปิด *Lemna minor*, *Lemna gibba*, *Lemna perpusilla* และ *Spirodela punctata* เป็นแหล่งโปรตีน ขณะที่การใช้ไข่น้ำเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่ไข่มีเพียง Haustein *et al.* (1990) เท่านั้นที่รายงานว่า การใช้ไข่น้ำ 15 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ การให้ผลผลิตไข่ รวมทั้งคุณภาพไข่ ($P>0.05$) ซึ่งขัดแย้งกับงานทดลองนี้ที่พบว่าการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำทั้งหมด หรือการใช้ไข่น้ำ 12 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร มีผลทำให้ปริมาณการกินได้ของอาหารและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ และผลผลิตไข่ลดลง ($P<0.05$) ถึงแม้ว่าปริมาณการกินได้ของโปรตีนจะไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ในแต่ละสูตรอาหาร แต่ปริมาณการกินได้ของโปรตีนในไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่ทั้งหมดต่ำกว่า (14-15 กรัม) คำแนะนำของ NRC (1994) ปริมาณการกินได้ของพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในไก่ไข่ในการทดลองนี้ต่ำกว่าความต้องการของไก่ไข่ที่ให้ผลผลิตไข่ 60-70 เปอร์เซ็นต์ (292-305 กิโลแคลอรี) ที่แนะนำโดย NRC (1994) นอกจากนี้น้ำหนักตัวของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่ทั้งหมดลดลง (-0.19 กิโลกรัม) มากกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองอื่น (-0.03 ถึง -0.09 กิโลกรัม) ดังนั้นจึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลผลิตการให้ไข่ลดลง ($P<0.05$) ในไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่ทั้งหมด ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับ Haustein *et al.* (1990) ที่รายงานว่าระดับที่เหมาะสมสำหรับการใช้แหวนเปิด *Lemna gibba* ในอาหารไก่ไข่คือ 15 เปอร์เซ็นต์ และยังพบว่าการใช้แหวนเปิดที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพไข่

การเพิ่มขึ้นของสีไข่แดงเมื่อมีการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำในการทดลองนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่ใช้แหวนเปิด *Lemna gibba* (Haustein *et al.*, 1990) และแหวนเปิด *Spirodela punctata* (Nolan *et al.*, 1997) ในอาหารไก่ไข่ และแหวนเปิด *Lemna perpusilla* ในอาหารเป็ดไข่พันธุ์ Jinding (Khandaker *et al.*, 2007) พืชวงศ์แหวนเปิดมีสารสี (pigments) โดยเฉพาะเบต้าแคโรทีน (120-627.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และแซนโทโรฟิล (261-1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ค่อนข้างสูง (Haustein *et al.*, 1990, Dewanji, 1993, Skillicorn *et al.*, 1993, Hanczakowski *et al.*, 1995) ซึ่งอาจเป็นผลจากโครงสร้างและการมีสัดส่วนของใบต่อชีวมวลที่สูงของพืชวงศ์แหวนเปิด (Hanczakowski *et al.*, 1995) ผลการทดลองบ่งชี้ว่าไข่น้ำเป็นแหล่งสารสีธรรมชาติที่ดีสำหรับไก่ไข่

สรุป

การทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำทั้งหมด มีผลทำให้ปริมาณการกินได้ของอาหารและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ และผลผลิตไข่ลดลง ($P<0.05$) สีของไข่แดงเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำ ($P<0.05$) ดังนั้นจึงสามารถทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำในอาหารไก่ไข่เป็น 75 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 5

การทดลองที่ 3 การใช้ไข่น้ำเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อ

บทนำ

วัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทโปรตีนที่นำมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ ได้มาจาก 2 แหล่ง ได้แก่ โปรตีนจากสัตว์ และโปรตีนจากพืช วัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืชเป็นวัตถุดิบที่มีราคาค่อนข้างถูกกว่าจากสัตว์ โดยวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืชมีหลายชนิด เช่น กากถั่วเหลือง กากเมล็ดฝ้าย ใบกระถิน เป็นต้น ในภาวะที่เกิดการขาดแคลนวัตถุดิบเหล่านี้ทำให้ราคาของวัตถุดิบสูงขึ้น ส่งผลให้ราคาอาหารสัตว์สำเร็จรูปสูงขึ้น และต้นทุนการผลิตสัตว์จึงสูงขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะกากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบโปรตีนคุณภาพสูงและเป็นแหล่งโปรตีนหลักในอาหารสัตว์ปีก (Akpodiete *et al.*, 2006) การค้นคว้าวิจัยเพื่อหาวัตถุดิบแหล่งโปรตีนใหม่ ๆ จึงมีความสำคัญและจำเป็นต้องปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำผลการวิจัยมาใช้ประโยชน์ในกรณีที่เกิดการขาดแคลนหรือวัตถุดิบที่ใช้กันอยู่ประจำมีราคาสูง ที่ผ่านมามีการนำเอาวัชพืชน้ำ (aquatic weed) หลายชนิด เช่น สาหร่าย (algae) แหนแดง (*Azolla pinnata*) แหนเป็ด (duckweed) มาใช้ประโยชน์ในแง่ของการเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนเสริมในสูตรอาหารสัตว์ปีก (ดำรงชัย, 2542) ไข่น้ำ (*Wolffia* spp.) จัดเป็นพืชตระกูลเดียวกับแหนเป็ด โดยไข่น้ำถูกนำมาใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับการเลี้ยงปลาและสัตว์บก เพราะไข่น้ำเป็นพืชที่มีโปรตีนและกรดอะมิโนคุณภาพดีใกล้เคียงกับโปรตีนจากสัตว์และกากถั่วเหลือง (Skillicorn *et al.*, 1993) อีกทั้งไข่น้ำเป็นพืชที่มีการขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นไข่น้ำจึงมีความสำคัญในแง่ของการนำมาใช้ประโยชน์ เพื่อเพิ่มศักยภาพวัตถุดิบแหล่งโปรตีนในการผลิตอาหารสัตว์ในประเทศได้เป็นอย่างดี

มีรายงานวิจัยการใช้พืชวงศ์แหนเป็ดเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่กระທ (ดำรงชัย, 2542, Hausteine *et al.*, 1992, Islam *et al.*, 1997) แต่ยังไม่มียข้อมูลการใช้ไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงเชิงการค้าเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่กระທ ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับของการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำ (*Wolffia globosa* (L) Wimm.) ในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตและลักษณะซากของไก่กระທ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การเตรียมไขน้ำ

นำไขน้ำสดไปตากแดดเป็นเวลา 1-2 วันจนแห้งสนิท เมื่อไขน้ำแห้งทำการเก็บไขน้ำในถุงพลาสติก เพื่อใช้สำหรับการผสมอาหารทดลอง

2. การเตรียมโรงเรือนและอุปกรณ์การเลี้ยงสัตว์ทดลอง

ทำความสะอาดพื้นคอกทั้งภายในและภายนอกของโรงเรือน รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้เลี้ยงไก่กระทอง เช่น ที่ให้อาหารและน้ำ โรงเรือนทดลองเป็นโรงเรือนระบบระบายความเย็นด้วยไอน้ำ (evaporative cooling system) อุณหภูมิภายในโรงเรือนโดยเฉลี่ยแต่ละวันอยู่ในช่วง 27.50-30.00 องศาเซลเซียส (ไก่เล็กอายุ 0-3 สัปดาห์) และ 24.50-27.00 องศาเซลเซียส (ไก่รุ่นอายุ 3-6 สัปดาห์) และให้แสงสว่างตลอด 24 ชั่วโมง

3. การเตรียมอาหารทดลอง

สูตรอาหารทดลองมีทั้งหมด 5 สูตร โดยสูตรอาหารมีโภชนาพอเพียงต่อความต้องการของไก่กระทองระยะ 0-3 สัปดาห์ (Table 5.1) และระยะ 3-6 สัปดาห์ (Table 5.2) ตามคำแนะนำของ NRC (1994)

กลุ่มการทดลองที่ 1 สูตรอาหารควบคุม (T1)

กลุ่มการทดลองที่ 2 สูตรอาหารควบคุมที่ใช้โปรตีนจากไขน้ำทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลือง 25 เปอร์เซ็นต์ (T2)

กลุ่มการทดลองที่ 3 สูตรอาหารควบคุมที่ใช้โปรตีนจากไขน้ำทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลือง 50 เปอร์เซ็นต์ (T3)

กลุ่มการทดลองที่ 4 สูตรอาหารควบคุมที่ใช้โปรตีนจากไขน้ำทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลือง 75 เปอร์เซ็นต์ (T4)

4. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ไก่กระทองเพศผู้พันธุ์อาร์เบอร์เอเคอร์ อายุ 10 วัน จำนวน 384 ตัว ที่มีความสม่ำเสมอและคัดไก่ที่ไม่สมบูรณ์ออก ไก่ได้รับอาหารทดลองและน้ำอย่างเต็มที่ (*Ad libitum*) โดยให้อาหารวันละ 2 ครั้ง คือเวลา 08.00 นาฬิกา และ 17.00 นาฬิกา ไก่กระทองได้รับอาหารทดลองในช่วงอายุ 10-42 วัน สุ่มไก่ไข่ออกเป็น 4 กลุ่มการทดลอง กลุ่มการทดลองละ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 16 ตัว โดยใช้แผนทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD)

Table 5.1 Feed ingredient and nutrient composition of broiler diets in starter period

Ingredients (%)	Dietary treatments ¹			
	T1	T2	T3	T4
Corn	49.00	43.80	38.55	33.00
Rice bran	4.00	4.00	4.00	4.30
Full fat soybean	15.70	16.85	18.10	19.30
Soybean meal (44%CP)	17.00	12.75	8.50	4.25
Water meal (29.6%CP)	0.00	6.35	12.65	18.95
Fish meal	7.50	7.50	7.50	7.50
Soybean oil	4.20	6.15	8.10	10.10
Dicalcium phosphate	0.75	0.80	0.90	1.00
Oyster shell	1.25	1.20	1.10	1.00
DL-methionine	0.10	0.10	0.10	0.10
Sodium chloride	0.25	0.25	0.25	0.25
Premix ²	0.25	0.25	0.25	0.25
Total	100	100	100	100
Nutrient composition (%)				
Crude protein	22.96	23.26	23.74	22.41
Ash	7.82	7.87	8.49	9.49
Metabolizable energy ³ (kcal/kg)	3202.94	3201.61	3201.39	3202.59
Ether extract	8.15	10.54	12.22	15.28
Crude fiber	3.58	4.09	4.08	4.49
Lysine	1.34	1.35	1.35	1.35
Methionine	0.53	0.53	0.53	0.53
Methionine + Cystine	0.88	0.87	0.86	0.85

¹T1 = control; T2, T3 and T4 = 25, 50 and 75 % CP from SBM were replaced by CP from Water meal, respectively.

²Vitamin-mineral premix provide (per kg diet): 10,000 IU vitamin A, 2,000 IU vitamin D₃, 11 mg vitamin E, 1.5 mg vitamin K₃, 1.5 mg thiamin, 4 mg riboflavin, 10 mg pantothenic acid, 0.4 folic acid, 4 mg pyridoxine, 22 mg niacin, 0.4 mg colabamin, 0.1 mg biotin, 60 mg Fe, 70 mg Mn, 50 mg Zn, 8 mg Cu, 0.5 mg Co, 0.7 mg I, 0.1 mg Se. ³ Calculated value.

Table 5.2 Feed ingredient and nutrient composition of broiler diets in grower period

Ingredients (%)	Dietary treatments ¹			
	T1	T2	T3	T4
Corn	56.95	53.27	49.10	45.00
Rice bran	5.40	5.00	5.10	5.30
Full fat soy	14.00	15.00	16.00	16.80
Soybean meal (44%CP)	13.00	9.75	6.50	3.25
Wolffia meal (29.6%CP)	0.00	4.85	9.65	14.50
Fish meal	5.50	5.50	5.50	5.50
Soybean oil	2.85	4.35	5.85	7.35
Dicalcium phosphate	0.45	0.48	0.55	0.60
Oyster shell	1.35	1.30	1.25	1.20
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25
Premix ²	0.25	0.25	0.25	0.25
Total	100	100	100	100
Nutrient composition (%)				
Crude protein	20.46	20.39	19.07	19.40
Ash	6.11	6.81	7.45	8.52
Metabolizable energy ³ (kcal/kg)	3201.09	3202.74	3202.36	3201.22
Crude protein	20.01	20.02	20.04	20.02
Ether extract	8.44	10.10	11.83	13.03
Crude fiber	3.03	3.63	3.65	3.77
Lysine	1.12	1.13	1.13	1.13
Methionine	0.38	0.38	0.38	0.38
Methionine + Cystine (%)	0.69	0.69	0.68	0.67

¹T1 = control; T2, T3 and T4 = 25, 50 and 75 % CP from SBM were replaced by CP from Water meal, respectively.

²Vitamin-mineral premix provide (per kg diet): 10,000 IU vitamin A, 2,000 IU vitamin D₃, 11 mg vitamin E, 1.5 mg vitamin K₃, 1.5 mg thiamin, 4 mg riboflavin, 10 mg pantothenic acid, 0.4 folic acid, 4 mg pyridoxine, 22 mg niacin, 0.4 mg colabamin, 0.1 mg biotin, 60 mg Fe, 70 mg Mn, 50 mg Zn, 8 mg Cu, 0.5 mg Co, 0.7 mg I, 0.1 mg Se. ³ Calculated value.

5. การวัดผลและการบันทึกข้อมูล

5.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีสูตรอาหารทดลอง โดยวิธี Proximate analysis ตามวิธีของ AOAC (1990)

5.2 ปริมาณการกินอาหาร (feed intake)

5.3 บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว โดยการชั่งน้ำหนักไก่กระทงที่อายุ 21 และ 42 วัน เพื่อคำนวณอัตราการเจริญเติบโต

5.4 ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (feed conversion ratio)

5.5 คำนวณประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (protein efficiency ratio)

5.6 บันทึกอัตราการตาย (mortality rate)

5.7 คุณภาพซาก

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการสุ่มไก่กระทงมากลุ่มทดลองละ 18 ตัว จาก 6 ซ้ำ ๆ ละ 3 ตัวทำการชั่งน้ำหนัก ฆ่า ถอนขน และผ่าซาก เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ซาก

5.8 วัดสีผิวหนังอกและสีแข้งโดยใช้พัดเทียบสีของบริษัทโรช (Roche yolk color fan 1993 - HMB 50515 Printed in Switzerland (2/1296 : 10.0))

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1998)

ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์อาหารทดลอง พบว่าวัตถุดิบ โปรตีนหยาบ ไขมัน เยื่อใย ถั่ว และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Table 5.1 และ 5.2) ใกล้เคียงกับความต้องการของไก่กระทง (NRC, 1994)

ปริมาณการกินอาหารของไก่กระทงช่วงอายุ 10-21 วัน กลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไขนํ้าระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่า ($P<0.05$) กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไขนํ้าระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณการกินอาหารช่วงอายุ 22-42 วัน และ 10-42 วัน ของไก่กระทงกลุ่มควบคุมสูงกว่า ($P<0.05$) ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไขนํ้าทุกระดับ (Table 5.3)

อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของไก่กลุ่มควบคุมทุกช่วงอายุการทดลองสูงกว่า ($P<0.05$) ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไขนํ้าทุกระดับ (Table 5.3)

ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนช่วงอายุ 10-21 วัน และ 10-42 วัน ของไก่กระทงกลุ่มควบคุมสูงกว่า ($P<0.05$) ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำทุกระดับ ส่วนประสิทธิภาพการใช้โปรตีนช่วงอายุ 22-42 วันของไก่กระทงกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกับ ($P>0.05$) ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำระดับ 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ (Table 5.3) อัตราการตายของไก่กระทงไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ในทุกกลุ่มทดลอง (Table 5.3)

Table 5.3 Effect of replacing protein from soybean meal with protein from Water meal on productive performance in broilers

Item	Dietary treatments ¹				SEM
	T1	T2	T3	T4	
Feed intake, g/d					
10 to 21 d	62.04 ^{bc}	64.16 ^a	63.00 ^{ab}	60.64 ^c	0.36
22 to 42 d	178.40 ^a	166.56 ^b	153.17 ^c	145.63 ^d	2.83
10 to 42 d	120.22 ^a	115.36 ^b	108.08 ^c	103.14 ^d	1.48
Average daily gain, g/d)					
10 to 21 d	48.50 ^a	41.32 ^b	38.76 ^c	36.59 ^d	0.98
22 to 42 d	82.69 ^a	76.02 ^b	67.06 ^c	61.23 ^d	1.84
10 to 42 d	65.59 ^a	58.67 ^b	52.91 ^c	48.91 ^d	1.36
Feed conversion ratio					
10 to 21 d	1.28 ^c	1.56 ^b	1.63 ^{ab}	1.66 ^a	0.03
22 to 42 d	2.16 ^c	2.19 ^c	2.29 ^b	2.39 ^a	0.02
10 to 42 d	1.72 ^d	1.87 ^c	1.96 ^b	2.02 ^a	0.03
Protein efficiency ratio					
10 to 21 d	3.41 ^a	2.77 ^b	2.59 ^c	2.70 ^{bc}	0.07
22 to 42 d	2.27 ^a	2.24 ^{ab}	2.30 ^a	2.17 ^b	0.02
10 to 42 d	2.59 ^a	2.40 ^b	2.40 ^b	2.34 ^b	0.02
Mortality rate, %					
10 to 42 d	0.00	1.04	1.04	1.04	0.43

¹ T1 = control; T2, T3 and T4 = 25, 50 and 75 % CP from SBM were replaced by CP from Water meal, respectively.

^{abcd} Means in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

น้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากหลังถอนขน และเปอร์เซ็นต์ซากดัดแปลงของไก่กระทงกลุ่มควบคุมสูงกว่า ($P<0.05$) กลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำทุกระดับ เปอร์เซ็นต์เนื้อรวมสะโพก ปีก กล้ามเนื้อหน้าอก หัวใจ กึ้น และไขมันในช่องท้องของไก่กระทงทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ในขณะที่การทดแทนด้วยโปรตีนจากไข่น้ำเพิ่มขึ้น ทำให้คะแนนสีผิวหนังบริเวณอกและสีแข้งของไก่กระทงสูงขึ้น ($P<0.05$) (Table 5.4)

Table 5.4 Effect of replacing protein from soybean meal with protein from Water meal on carcass characteristics and skin colour in broilers

Item	Dietary treatments ¹				SEM
	T1	T2	T3	T4	
Body live weight (g)	2494.45 ^a	2270.00 ^b	2172.22 ^{bc}	2020.00 ^c	43.40
BW after plucking (g)	2328.89 ^a	2097.22 ^b	1993.33 ^{bc}	1870.56 ^c	41.62
BW after plucking (% BW)	93.35 ^a	92.40 ^{ab}	91.80 ^b	92.60 ^{ab}	0.22
Carcass dressing (% BW)	80.31 ^a	77.90 ^b	77.40 ^b	77.77 ^b	0.41
Legs (% carcass weight)	26.33	27.58	26.93	27.08	0.27
Wings (% carcass weight)	9.80	10.04	10.12	10.27	0.09
Breast (% carcass weight)	20.51	20.24	20.49	20.63	0.26
Liver (% BW)	1.76 ^b	1.96 ^a	1.93 ^a	2.01 ^a	0.03
Heart (% BW)	0.61	0.61	0.64	0.68	0.01
Gizzard (% BW)	1.32	1.49	1.45	1.42	0.04
Abdominal fat (% BW)	2.60	2.21	2.25	2.35	0.08
Breast skin colour	1.28 ^c	2.39 ^b	2.61 ^b	4.00 ^a	0.23
Shank skin colour	2.56 ^d	3.50 ^c	4.39 ^b	5.28 ^a	0.25

¹ T1 = control; T2, T3 and T4 = 25, 50 and 75 % CP from SBM were replaced by CP from Water meal, respectively.

^{abcd} Means in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

วิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณการกินอาหารของไก่กระทงลดลง ($P<0.05$) เมื่อได้รับอาหารทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำของการทดลองนี้ สอดคล้องกับ Haustein *et al.* (1992) รายงานว่า การทดแทนแหล่งโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยแหนเป็ด (*Lemna gibba*) ในอาหารไก่กระทงในระดับที่สูงขึ้น ทำให้ปริมาณการกินอาหารลดลง แต่การใช้แหนเป็ด (*Lemna* spp.) เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่กระทงที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ (อายุ 0-21 วัน) และ 60 เปอร์เซ็นต์ (อายุ 21-42 วัน) ทำให้ปริมาณการกินอาหารของไก่กระทงไม่แตกต่าง

($P>0.05$) กับกลุ่มควบคุม (ดำรงชัย, 2542) และการใช้แหนเป็ด (*Lemna gibba*) ในสูตรอาหารไก่กระทงที่ระดับ 15 เปอร์เซนต์ ทำให้ปริมาณการกินอาหารของไก่กระทงไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กับกลุ่มควบคุม (Haustein *et al.*, 1994)

อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของไก่กระทงกลุ่มควบคุมดีกว่า ($P<0.05$) กลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำทุกระดับ เนื่องจากประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของไก่กลุ่มควบคุมสูงกว่า ($P<0.05$) กลุ่มอื่น ๆ (Table 5.3) สอดคล้องกับ Haustein *et al.* (1992) รายงานว่า การทดแทนแหล่งโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยแหนเป็ด (*Lemna gibba*) ในอาหารไก่กระทงในระดับที่สูงขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักด้อยลง แต่การใช้แหนเป็ด (*Lemna gibba*) ที่ระดับ 15 เปอร์เซนต์ ในสูตรอาหารไก่กระทง ทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของไก่กระทงไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กับกลุ่มควบคุม (Haustein *et al.*, 1994) และการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากแหนเป็ดในอาหารไก่กระทงที่ระดับ 10 เปอร์เซนต์ (อายุ 0-21 วัน) และ 20 เปอร์เซนต์ (อายุ 21-42 วัน) ทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กับกลุ่มควบคุม (ดำรงชัย, 2542)

น้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากหลังถอนขน ของไก่กระทงกลุ่มควบคุมสูงกว่า ($P<0.05$) กลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำทุกระดับ (Table 5.4) ซึ่งเป็นผลจากประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของไก่กลุ่มควบคุมสูงกว่าไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนทุกระดับ (Table 5.3) ทำให้ร่างกายของไก่กลุ่มควบคุมมีการสะสมกล้ามเนื้อของร่างกายสูงกว่าส่วนเปอร์เซนต์ซากตัดแต่งของไก่กระทงกลุ่มควบคุมสูงกว่า ($P<0.05$) กลุ่มที่ได้รับอาหารทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำทุกระดับ เนื่องจากน้ำหนักมีชีวิตของไก่กระทงกลุ่มควบคุมสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ แต่น้ำหนักเครื่องในของไก่กระทงแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน (อยู่ในช่วง 243.20-267.47 กรัมต่อตัว) จึงส่งผลให้เปอร์เซนต์ซากตัดแต่งของไก่กระทงกลุ่มควบคุมสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ

การทดแทนด้วยโปรตีนจากไข่น้ำในระดับที่เพิ่มขึ้น ทำให้คะแนนสีผิวหนังบริเวณอกและสีแข้งของไก่กระทงสูงขึ้น เนื่องจากพืชตระกูลแหนเป็ดมีแซนโทฟิลสูง (Leng *et al.*, 1995) แสดงให้เห็นว่าไข่น้ำนอกจากเป็นแหล่งโปรตีนแล้ว ยังมีคุณสมบัติในแง่ของการเป็นแหล่งสารสีด้วย

สรุป

การทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำ ทำให้สมรรถนะการผลิตเปอร์เซนต์ซากและของไก่กระทงลดลง ($P<0.05$) แต่คะแนนสีผิวและสีแข้งเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำ ($P<0.05$) ดังนั้นจึงสามารถทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำในอาหารไก่กระทงได้ต่ำกว่า 25 เปอร์เซนต์

บทที่ 6

การทดลองที่ 4 การใช้ไข่น้ำเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารนกกระทา

บทนำ

ปัจจุบันมีการผลิตสัตว์ปีกเพื่อบริโภคทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ นกกระทาญี่ปุ่นเป็นสัตว์เศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่เกษตรกรนิยมนำมาเลี้ยงเป็นการค้า เนื่องจากให้ผลผลิตทั้งประเภทเนื้อและไข่ นกกระทาญี่ปุ่นมีวงจรการผลิตสั้นให้ผลตอบแทนเร็ว และใช้พื้นที่ในการเลี้ยงต่อน้อย ปัจจุบันวัตถุดิบอาหารสัตว์มีราคาค่อนข้างสูง โดยเฉพาะวัตถุดิบแหล่งโปรตีน เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง เป็นต้น จึงจำเป็นต้องหาวัตถุดิบแหล่งโปรตีนอื่น เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับเกษตรกร

ไข่น้ำอยู่ในวงศ์ *Lemnaceae* ซึ่งนิยมเรียกว่าแห่นเป็ด (duckweed) ประกอบด้วย 5 สปีชีส์ คือ *Landoltia*, *Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia* and *Wolffiella* (Les *et al.*, 2002) มีระดับโปรตีน 40-50 เปอร์เซ็นต์ (อะโน, 2542) ทั้งนี้ปริมาณโปรตีนของไข่น้ำแตกต่างกันตามฤดูกาลและแหล่งน้ำ (Landolt, 1986) พืชวงศ์แห่นเป็ดยังมีเบต้าแคโรทีนและแซนโทฟิลสูง (Skillicorn *et al.*, 1993) ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งสารสีในอาหารสัตว์ปีกได้ จากการสืบค้นข้อมูลพบว่ามีรายงานการศึกษาการใช้พืชวงศ์แห่นเป็ด คือ *Lemna gibba*, *Lemna perpusilla*, *Spirodela punctata* and *Lemna minor* เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์หลายประเภท อาทิ โค (Huque *et al.*, 1996; แพะ (Reid, 2004) แกะ (Damry *et al.*, 2001) สุกร (Leng *et al.*, 1995; Gutierrez *et al.*, 2001; เป็ด (Men *et al.*, 2001; Men *et al.*, 2002, Khandaker *et al.*, 2007) ไก่กระทอง (ดำรงชัย, 2542; Islam *et al.*, 1997; Haustein *et al.*, 1992; Haustein *et al.*, 1994) ไก่ไข่ (Haustein *et al.*, 1990) และนกกระทา (ดำรงชัย, 2542) สำหรับการใช้ไข่น้ำในอาหารสัตว์มีเพียงรายงานในอาหารไก่ไข่เท่านั้น (Haustein *et al.*, 1990) ดังนั้นงานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำ (*Wolffia globosa* (L) Wimm.) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และการให้ผลผลิตไข่นกกระทา

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การเตรียมไข่ไก่

นำไข่ไก่สดไปตากแดดเป็นเวลา 1-2 วันจนแห้งสนิท เมื่อไข่ไก่แห้งทำการเก็บไข่ไก่ในถุงพลาสติก เพื่อใช้สำหรับการผสมอาหารทดลอง

2. การเตรียมโรงเรือนและอุปกรณ์การเลี้ยงสัตว์ทดลอง

ทำความสะอาดพื้นคอกทั้งภายในและภายนอกของโรงเรือน และทำความสะอาดกรงนกกระทาญี่ปุ่น 19×19×19 นิ้ว รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้เลี้ยงนกกระทา เช่น รางอาหาร และที่ให้น้ำ ดำเนินการทดลองในโรงเรือนทดลองเป็นโรงเรือนระบบระเหยความเย็นด้วยไอน้ำ (evaporative cooling system) โดยปรับอุณหภูมิภายในเท่ากับ 32 องศาเซลเซียส ในสัปดาห์แรก และค่อยๆ ปรับลดอุณหภูมิเหลือ 25 องศาเซลเซียส ในวันที่ 30 ของการทดลอง

3. การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารทดลองมีทั้งหมด 4 สูตร โดยสูตรอาหารมีโภชนาพอเพียงต่อความต้องการของนกกระทาระยะ 1-3 สัปดาห์ (starter period) ระยะ 4-6 สัปดาห์ (grower period) และระยะไข่ (laying period) ตามคำแนะนำของ NRC (1994) ส่วนประกอบของอาหารทดลองแสดงใน Table 6.1, 6.2 และ 6.3 ตามลำดับ

กลุ่มการทดลองที่ 1 สูตรอาหารควบคุม (T1)

กลุ่มการทดลองที่ 2 สูตรอาหารควบคุมที่ใช้โปรตีนจากไข่น้ำทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลือง 25 เปอร์เซ็นต์ (T2)

กลุ่มการทดลองที่ 3 สูตรอาหารควบคุมที่ใช้โปรตีนจากไข่น้ำทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลือง 50 เปอร์เซ็นต์ (T3)

กลุ่มการทดลองที่ 4 สูตรอาหารควบคุมที่ใช้โปรตีนจากไข่น้ำทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลือง 75 เปอร์เซ็นต์ (T4)

Table 6.1 Feed ingredient and nutrient composition of quail diets in starter period

Ingredients (%)	Dietary treatments ¹			
	T1	T2	T3	T4
Corn	44.07	44.07	44.07	43.24
Rice bran	8.73	5.71	2.66	0.00
Full fat soybean	14.00	14.00	14.00	14.00
Soybean meal (44%CP)	24.00	18.00	12.00	6.00
Water meal (29.6%CP)	0.00	8.92	17.84	26.76
Fish meal	6.00	6.00	6.00	6.00
DL-methionine	0.07	0.07	0.07	0.07
Soybean oil	1.40	1.50	1.66	2.20
Dicalcium phosphate	0.00	0.10	0.16	0.30
Oyster shell	1.23	1.13	1.04	0.93
Sodium chloride	0.25	0.25	0.25	0.25
Premix ²	0.25	0.25	0.25	0.25
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Nutrient composition (%)				
Dry matter	93.61	94.16	94.36	94.66
Crude protein	24.08	24.08	24.08	24.01
Ether extract	5.81	4.92	5.03	6.03
Crude fiber	2.71	2.89	3.41	4.27
Ash	6.51	7.50	8.37	9.63
Metabolizable energy ³ (kcal/kg)	2,906.45	2,900.90	2,900.38	2,903.85

¹T1 = control; T2, T3 and T4 = 25, 50 and 75 % CP from SBM were replaced by CP from Water meal, respectively.

²Vitamin-mineral premix provide (per kg diet): 10,000 IU vitamin A, 2,000 IU vitamin D₃, 11 mg vitamin E, 1.5 mg vitamin K₃, 1.5 mg thiamin, 4 mg riboflavin, 10 mg pantothenic acid, 0.4 folic acid, 4 mg pyridoxine, 22 mg niacin, 0.4 mg colabamin, 0.1 mg biotin, 60 mg Fe, 70 mg Mn, 50 mg Zn, 8 mg Cu, 0.5 mg Co, 0.7 mg I, 0.1 mg Se. ³Calculated value.

Table 6.2 Feed ingredient and nutrient composition of quail diets in grower period

Ingredients (%)	Dietary treatments ¹			
	T1	T2	T3	T4
Corn	51.20	48.19	44.30	38.52
Rice bran	8.00	4.04	1.00	0.00
Full fat soybean	11.36	13.45	15.4	17.08
Soybean meal (44%CP)	24.00	18.00	12.00	6.00
Water meal (29.6%CP)	0.00	8.92	17.84	26.76
Fish meal	3.00	3.00	3.00	3.00
DL-methionine	0.13	0.13	0.13	0.13
Soybean oil	0.00	1.96	4.00	6.18
Dicalcium phosphate	0.50	0.60	0.72	0.83
Oyster shell	1.23	1.13	1.03	0.92
Sodium chloride	0.25	0.25	0.25	0.25
Premix ²	0.25	0.25	0.25	0.25
L-Lysine	0.08	0.08	0.08	0.08
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Nutrient composition (%)				
Dry matter	93.39	93.84	94.46	94.78
Crude protein	22.45	22.23	21.52	21.53
Ether extract	5.21	6.13	8.94	9.11
Crude fiber	2.91	3.55	4.58	4.92
Ash	6.57	7.38	8.64	9.42
Metabolizable energy ³ (kcal/kg)	2,941.08	2,941.34	2,941.62	2,942.18

¹ T1 = control; T2, T3 and T4 = 25, 50 and 75 % CP from SBM were replaced by CP from Water meal, respectively.

² Vitamin-mineral premix provide (per kg diet): 10,000 IU vitamin A, 2,000 IU vitamin D₃, 11 mg vitamin E, 1.5 mg vitamin K₃, 1.5 mg thiamin, 4 mg riboflavin, 10 mg pantothenic acid, 0.4 folic acid, 4 mg pyridoxine, 22 mg niacin, 0.4 mg colabamin, 0.1 mg biotin, 60 mg Fe, 70 mg Mn, 50 mg Zn, 8 mg Cu, 0.5 mg Co, 0.7 mg I, 0.1 mg Se. ³ Calculated value.

Table 6.3 Feed ingredient and nutrient composition of laying quail diets

Ingredients (%)	Dietary treatments ¹			
	T1	T2	T3	T4
Corn	51.10	46.34	41.57	37.29
Rice bran	5.00	3.50	2.00	0.00
Full fat soybean	11.45	13.08	14.70	16.40
Soybean meal (44%CP)	22.00	16.50	11.00	5.50
Wolffia meal (29.6%CP)	0.00	8.18	16.36	24.53
Fish meal	1.70	1.70	1.70	1.70
Soybean oil	1.56	3.51	5.47	7.38
Dicalciumphosphate	0.96	1.06	1.16	1.27
Oyster shell meal	5.60	5.50	5.41	5.30
DL-methionine	0.13	0.13	0.13	0.13
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25
Premix ²	0.25	0.25	0.25	0.25
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Nutrient composition (%)				
Crude protein	20.01	20.02	20.02	20.02
Ether extract	7.22	9.35	11.49	13.55
Crude fiber	3.88	4.03	4.17	4.27
Metabolizable energy ³	2903.73	2903.87	2904.17	2904.31
(kcal/kg)				

¹ T1 = control; T2, T3 and T4 = 25, 50 and 75 % CP from SBM were replaced by CP from Water meal, respectively.

² Vitamin-mineral premix (per kg diet): 10,000 IU vitamin A, 2,000 IU vitamin D₃, 11 mg vitamin E, 1.50 mg vitamin K₃, 1.50 mg thiamin, 4.00 mg riboflavin, 4.00 mg pyridoxine, 0.40 mg colabamin, 10.00 mg pantothenic acid, 22.00 mg niacin, 0.40 mg folic acid, 0.10 mg biotin, 0.10 mg Se, 60.00 mg Fe, 70.00 mg Mn, 50.00 mg Zn, 8.00 mg Cu, 0.50 mg Co, 0.70 mg I. ³ Calculated value.

4. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ทำการคัดเลือกนกกระทาเพศอายุ 7 วัน จำนวน 280 ตัว โดยชั่งน้ำหนักและสุมนกกระทาออกเป็น 4 กลุ่มการทดลองๆ ละ 6 ซ้ำๆ ละ 12 ตัว โดยใช้แผนทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) นกกระทาได้รับวัคซีนโรคนิวคาสเซิล (Newcastle disease) และโรคหลอดลมอักเสบ (infectious bronchitis) เมื่ออายุได้ 7 และ 14 วัน ตามลำดับ

เมื่อนกกระทาอายุได้ 6 สัปดาห์ ทำการคัตเพศ สุมนกกระทา 24 ตัวต่อกลุ่มทดลอง (4 ตัวต่อซ้ำโดยเป็นนกเพศผู้และเพศเมียอย่างละ 2 ตัว) เพื่อวัดคุณภาพซาก หลังจากนั้นทำการสุมนกกระทาเฉพาะตัวเมียจำนวน 15 ตัวเข้ากลุ่มทดลอง โดยแต่ละกลุ่มทดลองแบ่งเป็น 3 ซ้ำๆ ละ 5 ตัว เพื่อหาอัตราการไข่และคุณภาพไข่เป็นเวลา 8 สัปดาห์

5. การวัดผลและการบันทึกข้อมูล

5.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารทดลอง โดยวิธี Proximate analysis ตามวิธีของ AOAC (1990)

5.2 บันทึกปริมาณการกินอาหาร (feed intake)

5.3 น้ำหนักเพิ่มของนก (weight gain)

5.4 ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (feed conversion ratio) ระยะ 1-6 สัปดาห์

5.5 อัตราการตายของนกกระทา

5.6 บันทึกคุณภาพซาก เปอร์เซ็นต์ซาก (dressing percentage)

บันทึกน้ำหนักมีชีวิต, น้ำหนักตับ, น้ำหนักหัวใจ, น้ำหนักกึ้น, น้ำหนักไขมันช่องท้อง, น้ำหนักปีก, น้ำหนักกล้ามเนื้ออก น้ำหนักขา และสีผิวของนกกระทา

5.7 คำนวนประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (protein efficiency ratio: PER)

5.8 การให้ผลผลิตไข่ (egg production)

5.9 ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อไข่ 1 กก (feed conversion ratio per kg of egg)

5.10 วัดคุณภาพไข่ (egg quality)

ทำการสุ่มเก็บไข่ทุกสัปดาห์ เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพไข่ โดยการสุ่มแต่ละซ้ำ ๆ ละ

2 ฟอง รวมเป็นจำนวน 8 ฟองต่อกลุ่มการทดลอง และทำการวัดคุณภาพไข่ ดังนี้

5.10.1 น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง (average eggs weight)

5.10.2 คุณภาพไข่ขาว (Haugh units)

5.10.3 ความหนาเปลือกไข่ (egg shell thickness) โดยใช้ไมโครมิเตอร์

5.10.4 ความเข้มของสีไข่แดง (colour of yolk) ใช้พัดเทียบสีของบริษัทโรช

(Roche yolk colour fan)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มการทดลองโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Analysis System (SAS, 1996)

ผลการทดลอง

อาหารทดลองทั้งระยะ 1-3 สัปดาห์ (Table 6.1) ระยะ 4-6 สัปดาห์ (Table 6.2) และระยะไข่ (Table 6.3) ในทุกกลุ่มทดลอง มีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกัน และเพียงพอต่อความต้องการนกกระทาที่แนะนำโดย NRC (1994)

ปริมาณการกินอาหารของนกกระทาลดลง ($P<0.05$) เมื่อทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำ อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และอัตราการตายของนกกระทาไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ในแต่ละกลุ่มทดลอง (Table 6.4)

Table 6.4 Effect of replacing protein from soybean meal with protein from Water meal on feed intake, growth performance and feed efficiency in quails

Parameters	Dietary treatments ¹				SEM
	T1	T2	T3	T4	
Feed intake, g/d	12.08 ^a	12.17 ^a	11.72 ^{ab}	11.41 ^b	0.11
Average daily gain, g/d	3.32	3.32	3.24	3.08	0.04
Feed conversion ratio, feed/gain	3.64	3.67	3.62	3.71	0.03
Protein efficiency ratio	1.21	1.21	1.22	1.19	0.01
Mortality rate, %	2.78	2.78	2.78	4.17	0.84

¹ T1 = control; T2, T3 and T4 = 25, 50 and 75 % CP from SBM were replaced by CP from Water meal, respectively.

^{ab} Means in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

การทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำไม่ส่งผลเชิงลบ ($P>0.05$) ต่อเปอร์เซ็นต์ซาก ลักษณะซาก และสัดส่วนซากของนกกระทา ผลการทดลองพบว่าสีผิวบริเวณอกของนกกระทาเข้มขึ้น ($P<0.05$) เมื่อมีการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำในอาหารเพิ่มขึ้น (Table 6.5)

Table 6.5 Effects of replacement of protein from soybean meal with protein from Water meal on carcass dressing, carcass characteristics, organ proportions and breast skin colour in quails

Parameters	Dietary treatments ¹				SEM
	1	2	3	4	
Carcass dressing (% BW)	79.17	74.49	76.99	76.45	1.06
Carcass characteristics (% carcass weight)					
- Wings	7.00	6.56	6.94	6.80	0.08
- Legs	18.35	17.27	16.97	17.39	0.20
- Breast	21.99	20.63	20.42	20.23	0.28
- Abdominal fat	0.43	0.48	0.47	0.53	0.05
Organ proportions (% BW)					
- Liver	2.07	2.15	2.34	2.01	0.07
- Heart	0.79	0.82	1.07	0.79	0.05
- Gizzard	1.81 ^b	1.60 ^b	2.15 ^a	1.85 ^{ab}	0.07
Breast skin colour	2.12 ^d	2.54 ^c	3.71 ^b	4.62 ^a	0.21

¹ T1 = control; T2, T3 and T4 = 25, 50 and 75 % CP from SBM were replaced by CP from Water meal, respectively.

^{abc} Means in the same row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

ปริมาณการกินอาหารในนกกกระทุงไข่ลดลง ($P < 0.05$) เมื่อทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำ และการให้ผลผลิตไข่ของนกกกระทุงไข่ลดลง ($P < 0.05$) เมื่อโปรตีนจากกากถั่วเหลืองถูกทดแทนด้วยโปรตีนจากไข่น้ำเกินกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อไข่ 1 กก น้ำหนักไข่ คุณภาพไข่ขาว และความหนาเปลือกไข่ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ในแต่ละกลุ่มทดลอง ค่าคะแนนสีของไข่แดงเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) ตามลำดับเมื่อมีการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำในอาหารเพิ่มขึ้น (Table 6.6)

Table 6.6 Effect of replacing protein from soybean meal with protein from Water meal on performance, egg production and egg quality in laying quails

Parameters	Dietary treatments ¹				SEM
	1	2	3	4	
Feed intake, g/d	23.62 ^a	22.56 ^{ab}	21.95 ^{ab}	20.94 ^b	0.40
Feed conversion rate /kg egg	2.74	2.98	2.63	2.74	0.07
Egg production, %	80.25 ^a	79.33 ^a	80.90 ^a	78.40 ^{ab}	1.15
Egg weight, g	11.29	11.81	11.09	11.43	0.13
Haugh unit, %	82.96	82.53	82.51	82.39	0.12
Egg shell thickness, mm	0.190	0.186	0.187	0.187	0.002
Egg yolk color	4.63 ^c	7.33 ^b	7.57 ^b	8.40 ^a	0.43

¹T1 = control; T2, T3 and T4 = 25, 50 and 75 % CP from SBM were replaced by CP from Water meal, respectively.

^{ab} Means in the same row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองใช้โปรตีนจากไข่น้ำทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารนกกระทา จากการสืบค้นข้อมูลยังไม่พบรายงานวิจัย มีเพียงรายงานการใช้แหนเป็ด (*Lemna* spp.) เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารนกกระทาที่ระดับ 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (อายุ 0-21 วัน) และ 0 20 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ (อายุ 21-42 วัน) มีผลให้อัตราการเจริญเติบโตของนกกระทาทุกกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ปริมาณอาหารที่กินของนกกระทาทุกระดับการทดแทนสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.01$) เปอร์เซ็นต์ซากของนกกระทาลดลงเมื่อทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากแหนเป็ด ($P < 0.05$) สำหรับปริมาณการกินอาหารของนกกระทาที่สูงขึ้น เมื่อทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากแหนเป็ดเนื่องจากอาหารมีเยื่อใยสูงขึ้นทำให้อัตราการไหลผ่านของอาหาร และการขับถ่ายของนกกระทาเร็วขึ้น ทำให้นกกระทากินอาหารเร็วขึ้น แหนเป็ดทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารนกกระทา ระดับไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ (อายุ 0-21 วัน) และ 20 เปอร์เซ็นต์ (อายุ 21-42 วัน) จึงไม่ส่งผลเสียต่อสมรรถนะการผลิต (ดำรงชัย, 2542) ขณะที่ผลการใช้โปรตีนจากไข่น้ำทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในงานทดลองนี้พบว่า สามารถโปรตีนทดแทนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำได้ประมาณถึง 50 เปอร์เซ็นต์ในอาหารนกกระทาระยะ 1-6 สัปดาห์ โดยไม่มีผลกระทบเชิงลบต่อปริมาณการกินอาหาร สมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซากของนกกระทา ความแตกต่างของผลการทดลองอาจเนื่องมาจากแหนเป็ดจากแหล่งน้ำธรรมชาติ (ดำรงชัย, 2542) และไข่น้ำจากแหล่งเพาะเลี้ยงที่มีการเพิ่มธาตุอาหารในน้ำในงานทดลองนี้ มีความแตกต่างกันของ

องค์ประกอบทางเคมี โดยเฉพาะระดับโปรตีนและกรดอะมิโน ซึ่งควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป เพราะข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงในประเทศไทยยังมีจำกัดมาก

การใช้โปรตีนจากไข่น้ำทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลือง 0-60 เปอร์เซ็นต์ในอาหารนกกระทาระยะไข่ พบว่าไม่มีผลต่อ ($P < 0.05$) ปริมาณการกินอาหาร อายุเริ่มไข่ ผลผลิตไข่ และคุณภาพไข่ขาว แต่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ น้ำหนักไข่ และความหนาของเปลือกไข่ลดลง เมื่อการทดแทนมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ (ดำรงชัย, 2542) และ Haustein *et al.* (1990) รายงานว่าระดับที่เหมาะสมสำหรับการใช้แทนโปรตีน *Lemna gibba* ในอาหารไก่ไข่คือ 15 เปอร์เซ็นต์ และยังพบว่าการใช้แทนโปรตีนที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพไข่ ซึ่งขัดแย้งกับผลการทดลองนี้ที่พบว่าสามารถทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารนกกระทาระยะไข่ โดยไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ และคุณภาพไข่ (Table 6.6)

การเพิ่มขึ้นของสีไข่แดงเมื่อมีการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำในอาหารนกกระทาของการทดลองนี้ สอดคล้องกับผลการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำในอาหารไก่ไข่ (บทที่ 4) และงานวิจัยอื่นที่ใช้แทนโปรตีน *Lemna gibba* (Haustein *et al.*, 1990) และแทนโปรตีน *Spirodela punctata* (Nolan *et al.*, 1997) ในอาหารไก่ไข่ เนื่องจากพืชวงศ์แหนเป็ดมีสารสี (pigments) โดยเฉพาะเบต้าแคโรทีน และแซนโทฟิล ก่อนข้างสูง (Haustein *et al.*, 1990, Dewanji, 1993, Skillicorn *et al.*, 1993, Hanczakowski *et al.*, 1995) ผลการทดลองสอบย้อมถึงคุณสมบัติของการเป็นแหล่งสารสีธรรมชาติที่ดีของไข่น้ำ

สรุป

การทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองด้วยโปรตีนจากไข่น้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ในอาหารนกกระทาระยะอายุ 1-6 สัปดาห์ และระยะไข่ (อายุ 7-15 สัปดาห์) ไม่ส่งผลเชิงลบต่อปริมาณการกินอาหาร คุณภาพซาก ผลผลิตไข่ และคุณภาพไข่

บทที่ 7

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ใช้น้ำที่เพาะเลี้ยงเชิงการค้า มีโปรตีน 29.61 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง และมีกรดอะมิโนส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับกากถั่วเหลือง
2. ในฤดูกาลหนาวใช้น้ำมีระดับแร่ธาตุต่ำกว่าฤดูร้อนและฤดูฝน
3. ปัจจัยที่มีผลการเจริญเติบโตของใช้น้ำ คือ ความเข้มข้นของปุ๋ย ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ และความเข้มแสง โดยความเข้มข้นของปุ๋ย N-P-K สูตร 15-15-15 เท่ากับ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 และความเข้มแสงเท่ากับ 8,000-15,000 ลักซ์ เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของใช้น้ำ
4. ใช้โปรตีนจากใช้น้ำทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์ปีกได้ดังนี้
 - 4.1 ไก่ไข่: ใช้โปรตีนจากใช้น้ำทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารได้ 75 เปอร์เซ็นต์
 - 4.2 ไก่กระທး: ใช้โปรตีนจากใช้น้ำทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารได้ต่ำกว่า 25 เปอร์เซ็นต์
 - 4.3 นกกระทา: ใช้โปรตีนจากใช้น้ำทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารได้ 50 เปอร์เซ็นต์
5. ใช้น้ำมีคุณสมบัติเป็นสารสัรรมชาติที่ดีสำหรับสัตว์ปีก

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตใช้น้ำเชิงการค้าเพิ่มเติม เนื่องจากข้อมูลงานวิจัยมีค่อนข้างจำกัด
2. ใช้น้ำมีความชื้นสูงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นกระบวนการทำให้แห้ง เพื่อให้เป็นแหล่งโปรตีนของอาหารสัตว์เชิงอุตสาหกรรม ควรมีการศึกษาวิจัยโดยคำนึงถึงต้นทุนการผลิตใช้น้ำในรูปแห้ง
3. ใช้น้ำสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนเสริมทางเลือก สำหรับผู้เลี้ยงสัตว์หลายย่อยที่ฟาร์มอยู่ไม่ห่างจากแหล่งเพาะเลี้ยงใช้น้ำ
4. ใช้น้ำนอกจากเป็นแหล่งโปรตีนแล้ว ยังเป็นแหล่งสารสัด้วย จึงควรศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในด้านการใช้ใช้น้ำเป็นแหล่งสารสัในอาหารสัตว์

เอกสารอ้างอิง

- กฤษณาสี จงผาดิวุฒิ. 2537. การเพาะเลี้ยงต้นไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* Wimm) ในห้องปฏิบัติการ. ปัญหาพิเศษระดับวิทยาศาสตร์บัณฑิต. มหาวิทยาลัยสยาม, กรุงเทพฯ.
- กิตติมา เมฆโกมล. 2534. พฤกษศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. วิทยาเขตสงขลา, สงขลา
- ชนกพร จุฑาสงม. 2542. การเจริญเติบโตและปริมาณโปรตีนของไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* (L) Wimm) ที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม
- ดำรงชัย โสภณทัต. 2542. การใช้แทนเป็ดเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อ และนกกระทา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น
- ดวงจันทร์ เกรียงสุวรรณ. 2549. ผ่า. บทความวิทยุรายการสาระความรู้ทางการเกษตร งาน ศูนย์บริการวิชาการและฝึกอบรม ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา
- รัชชัย รัตนเลิศ และเจมส์ เอฟ เมกซ์เว. 2535. รายชื่อวัชพืชที่มีรายงานพบในประเทศไทย. บริษัทคนเมืองเหนือจำกัด: กรุงเทพฯ.
- นพรัตน์ ผดุงโชค. 2547. ปริมาณโปรตีนและการเจริญของไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* (L.) Wimm) ที่เพาะเลี้ยงด้วยน้ำสกัดมูลวัวผสมปุ๋ยเคมี. โครงการชีววิทยา. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- นิตาสล ฤแก้วมา. 2548ก. การศึกษาความต้องการแสงสว่างที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงไข่น้ำ. สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรสกลนคร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, สกลนคร
- นิตาสล ฤแก้วมา. 2548ข. การศึกษาการใช้ประโยชน์จากไข่น้ำเพื่อใช้เป็นอาหารปลา. สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรสกลนคร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, สกลนคร
- นิตานาถ ละอองพันธ์ และอำพร คล้ายแก้ว. 2548. นิเวศวิทยาและการใช้ประโยชน์ของ Duckweed. กลุ่มงานวัชพืช ส่วนวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน, นนทบุรี
- รติรัตน์ หนูหนุ่ และอุษา ร้อยอำแพง. 2546. การเพาะเลี้ยงไข่น้ำในน้ำมูลไก่. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สถาบันราชภัฏนครปฐม, นครปฐม
- ลีลนา สาริยา. 2539. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนในต้นไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* Wimm.). ปัญหาพิเศษวิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสยาม, กรุงเทพฯ

- ลำไย โกวิทยากร พรรณ ไวกุล และวริมา วงศ์พาณิชย์. 2545. การเพาะเลี้ยงไข่น้ำด้วยสูตรอาหารและสภาพแสงที่แตกต่างกัน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น
- ศิริภาวี ศรีเจริญ, นำชัย เจริญเทศประสิทธิ์, วิรัช จิวแหยม, พีระพงษ์ แพงไพร และรัศมี ชูชีพ. 2544. การเพาะเลี้ยงไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza*) สำหรับการลดต้นทุนค่าอาหารปลา. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 6 (2) : 6-15.
- ศิริภาวี ศรีเจริญ, นำชัย เจริญเทศประสิทธิ์ และ สุทธิพงษ์ เป็รื่องคำ. 2545. การเพาะเลี้ยงไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza*). วารสารศูนย์บริการวิชาการ. 10 (3) : 22-26.
- สนอง ทองปาน และทวี หอมขง. 2539. การศึกษาการเพาะเลี้ยงไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* Wimm.) ให้ได้ปริมาณมาก. เอกสารการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22. น. 542, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- สมศักดิ์ สันวิลาศ. 2539. การศึกษาผลผลิตของไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* (L) Wimm.) ในอาหารที่ต่างกัน. ปัญหาพิเศษการศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม
- สมศักดิ์ สันวิลาศ. 2542. การเจริญเติบโตและปริมาณโปรตีนของไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* (L) Wimm.) ที่เพาะเลี้ยงด้วยสูตรอาหารและระดับความเข้มของแสงต่างกันในสภาพกลางแจ้ง. วิทยานิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม
- สุทธิพงษ์ พงษ์วร. 2545. เฉพาะกิจ 1: พืชที่เล็กที่สุดในโลก. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), กรุงเทพฯ
- สมลวรรณ ชุ่มเชื้อ. 2543. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักพื้นบ้านอีสานผำ (*Wolffia arrhiza* Wimm.) และเท้าน้ำ (*Spirogyra* sp.). คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม
- อะโน สุขเจริญ. 2542. การเจริญเติบโตและปริมาณโปรตีนของไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* (L) Wimm.) ที่เพาะเลี้ยงในชนิดอาหารและระดับความเข้มแสงต่างกันในสภาพกลางแจ้ง. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม
- อรุณ โมณะตระกูล. 2549. พรรณไม้น้ำที่กินได้และใช้ประโยชน์ในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม
- อำพล พงศ์สุวรรณ และอารีย์ สิทธิมิ่งค์. 2532. คู่มือการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. สยามรัฐ, กรุงเทพฯ
- Ahammad, M.U., M.S.R. Swapon, T. Yeasmin, M.S. Rahman and M.S. Ali. 2003. Replacement of sesame oil cake by duckweed (*Lemna minor*) in broiler diet. Pak. J. Biol. Sci. 6(16):1450-1453.

- Akpodiete O.J., O.G. Okagbare, O.M. Opara and M.O. Onagbesan. 2006. Evaluation of broiler performance on diets containing soybean processed by five different methods. *Euro. J. Sci. Res.* 13:403-413.
- AOAC. 1999. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analysis Chemists, Washington, DC.
- Battke, F. and E. Dietrich. 2007. Floatable granular substrate for culturing plant material. Patent Application Publication.
- Bhanthumnavin, K. and M. McGarry. 1971. *Wolffia arrhiza* as a possible source of inexpensive protein. *Nature*. 232: 485.
- Chareontesprasit N. and W. Jiwyam. 2001. An evaluation of wolffia meal (*Wolffia arrhiza*) in replacing soybean meal in some formulated rations of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Pakis. J. Bio. Sci.* 4:618-620.
- Chowdhury, S.A., N. Sultana, K.S. Huque and Q.M.E. Huque. 2000. Manure based duckweed production in shallow sink: effect of genera on biomass and nutrient yield of duckweed under the same nutritional and management conditions. *Asian-Aust. J Anim. Sci.* 13: 686-693.
- Cook, D.K.C. 1996. Aquatic and Wetland Plants of India. Oxford University Press. New York, USA.
- Damry, H., J.V. Nolan, R.E. Bell and E.S. Thomson. 2001. Duckweed as a protein source for fine-wool Merino sheep; Its edibility and effects on wool yield and characteristics. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 14: 507-514.
- Dewanji A. 1993. Amino acid composition of leaf protein extracted from some aquatic weeds. *J. Agric. Food Chem.* 41:1232-1236.
- FAO. 1973. Energy Requirement and Protein Requirements. FAO Nutrition Meeting Report Series 52, Rome. p. 63.
- Fujita, M., K. Mori and T. Kodera. 1999. Nutrient removal and starch production through cultivation of *Wolffia arrhiza*. *J. Biosci. Bioeng.* 87: 194-198.
- Goopy, J.P. and P.J. Murray. 2003. A review on the role of duckweed in nutrient reclamation and as a source of animal feed. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 16: 297-305.
- Gutierrez, K., L. Sangines, F. Perez and L. Martinez. 2001. Studies on the potential of the aquatic plant *Lemna gibba* for pig feeding. *Cuban J. Agr. Sci.* 35:343-348.

- Hanczakowski, P., B. Szymczyk and M. Wawrzynski. 1995. Composition and nutritive value of sewage-grow duckweed (*Lemna minor* L.) for rats. Anim. Feed Sci. Technol. 52: 339-343.
- Haustein, A. T, R. H. Gillman, P.W. Skillicorn, V. Vergara, V. Guevara, and A. Gastanaduy. 1990. Duckweed, a useful strategy for feeding chickens: performance of layers feed with sewage-grown *Lemnaceae* species. Poult. Sci. 69:1835-1844.
- Haustein, A. T, R. H. Gillman, P.W. Skillicorn, V. Guevara, F. Diaz, V. Vergara, A. Gastanaduy and J.B. Gilman. 1992. Compensatory growth in broiler chicks fed on *Lemna gibba*. Bri. J. Nutri. 68: 329-335.
- Haustein, A. T, R. H. Gillman, P.W. Skillicorn, H. Hanna, F. Diaz, V. Guevara, , V. Vergara, A. Gastanaduy and J.B. Gilman. 1994. Performance of broiler chickens fed diets containing duckweed. J. Agr. Sci. 122:285-289.
- Huque, K. S., S. A. Chowdhury, and S. S. Kibria. 1996. Study on the potentiality of duckweeds as a feed for cattle. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 9:133-137.
- Islam, K. M. S., Shakjalal, A. M. M. Traeque and M. A. R. Howlider. 1997. Complete replacement of dietary fish meal by duckweed and soybean meal on the performance of broilers. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 10:629-634.
- Jhori, T. S. and P. N. Sharma. 1979. Studies on utilization of dried duckweed (*Lemna minor*) in chicks. Indian J. Poultry Sci. 14 (suppl): 14.
- Khandaker T., Md. J. Khan, Md. Shahjalal and Md.M. Rahman. 2007. Use of duckweed (*Lemna perpusilla*) as a protein source feed item in the diet of semi-scavenging Jinding layer ducks. J. Poult. Sci. 44:314-321.
- Landolt, E. 1986. The family of Lemnaceae-a monographic study. Vol. 1 Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH. Stiftung Rober Zurich 71: 566 pp.
- Lemon, G.D., U. Posluszny and B.C. Husband. 2001. Potential and realized rate of vegetative reproduction in *Spirodela polyrhiza*, *Lemna minor* and *Wolffia borealis*. Aquatic Bot. 70: 79-87.
- Leng, R. A.,J. H. Stambolie and R. bell. 1995. Duckweed- a potentian high-protein feed resource for domestic animals and fish. Lives. Res. Rural Devel. 7. Available: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd7/1/3.htm>. Accessed Feb 18, 2010

- Leng, R.A. 1999. Duckweed: a tiny aquatic plant with enormous potential for agriculture and environment. FAO, Rome.
- Les, D. H., D.J. Crawford, E. Landolt, J.D. Gabel, and R.T. Kimball. 2002. Phylogeny and systematics of Lemnaceae, the duckweed family. *Systematic Botany*. 27:221-240.
- Longo, F.A., J.F.M. Menten, A.A. Pedroso, A.N. Figueiredo, A.M.C. Racanicci, J.B. Gaiotto and J.O.B. Sorbara. 2004. Determination of the energetic value of corn, soybean meal and micronized full fat soybean for newly hatched chicks. *Brazilian J. Poul. Sci.* 6(3): 147-151.
- McLay, C.L. 1976. The effect of pH on the population growth of three species of duckweed: *Spirodela oligorrhiza*, *Lemna minor* and *Wolffia arrhiza*. *Freshwater Biology*. 6: 25-136.
- Men, B. X., B. Ogle and J. E. Lindberg. 2001. Use of duckweed as a protein supplement for growing ducks. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 14:1741-1746.
- Men, B. X., B. Ogle, and J. E. Lindberg. 2002. Use of duckweed as a protein supplement for breeding ducks. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 15:866-871.
- National Research Council. 1994. Nutrition Requirement of Poultry, 9th ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Nolan, J.V., R.E. Bell, E. Thomson, D. Bremner and W. Ball. 1997. Duckweed (*Spirodela punctata*) as a protein and pigment source in diets for layers. *Proceeding of Australian Poultry Science Symposium* 9. p. 166-170.
- Poonpan P., A. Chantiratikul, O. Chinrasri and S. Santhaweesuk. 2009. Evaluation of metabolizable energy of Wolffia meal (*Wolffia globosa* (L). Wimm.) in broilers. The 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. 8th-11th November 2009. Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 229-230.
- Reid, W.S.Jr. 2004. Exploring Duckweed (*Lemna gibba*) As a Protein Supplement for Ruminant Using the Boer Goat (*Capra Hircus*) As a Model. Master Thesis. North Carolina State University, North Carolina, USA.
- Robinson, D. and D.N. Sigh. 2001. Alternative protein sources for layers. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation, Australia. <http://www.rirdc.gov.au/reports/EGGS/00-144.pdf>.

- Rusoff, L., E.W. Blakeney, Jr., and D.D. Culley, Jr. 1980. Duckweeds (*Lamneceae* Family): a potential source of protein and amino acids. J. Agri. Food Chem. 28:848-850.
- SAS. 1996. SAS/STAT® User's Guide (Release 6.03 ed.). SAS Inst. Inc. Cary, NC.
- Skillicorn, P., W. Spira and W. Journey. 1993. Duckweed aquaculture – a new aquatic farming system for developing counties. The World Bank, Washington, D.C.
- Teguia, A. and S. Fon Fru. 2007. The growth performances of broiler chickens as affected by diets containing common bean (*Phaseolus vulgaris*) treated by different methods. Trop. Anim. Health Prod. 39: 405-410.