บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซาก และน้ำหนักกล้ามเนื้ออกส่วนนอก

ผลจากการศึกษา พบว่า เมื่ออายุเพิ่มขึ้น ไก่พื้นเมืองมีน้ำหนักมีชีวิต และน้ำหนักซาก และน้ำหนักกล้ามเนื้ออกส่วนนอกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) (Table 3) ทั้งนี้โดยความแตกต่างของระบบการเลี้ยงไม่มีผลทำให้ไก่น้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซาก และน้ำหนักของกล้ามเนื้อไก่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม พบว่าความแตกต่างของเพศมีผลต่อน้ำหนักมีชีวิตและน้ำหนักซากไก่ที่เลี้ยงทั้งสองระบบการเลี้ยง ($P<0.01$) ทั้งนี้เมื่อไก่มีอายุเท่ากัน ไก่เพศผู้มีน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซาก และน้ำหนักของกล้ามเนื้ออกส่วนนอกมากกว่าไก่เพศเมีย ($P<0.01$) ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากความแตกต่างทางสรีระระหว่างเพศ

เมื่อนำน้ำหนักซากและน้ำหนักกล้ามเนื้ออกส่วนนอกมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ พบว่าความแตกต่างของอายุ ระบบการเลี้ยง และเพศ ไม่มีผลทำให้ไก่มีเปอร์เซ็นต์ซากแตกต่างกัน ($P>0.05$) ขณะที่ความแตกต่างของอายุมีผลทำให้ไก่ที่เลี้ยงทั้งสองระบบมีเปอร์เซ็นต์ของกล้ามเนื้ออกเพิ่มขึ้น ($P<0.01$) นอกจากนี้ตั้งแต่อายุ 14 สัปดาห์ ขึ้นไป พบว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบประณีตยังมีเปอร์เซ็นต์ของกล้ามเนื้ออกมากกว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบไม่ประณีต ($P<0.01$) ทั้งนี้ไก่เพศผู้มีเปอร์เซ็นต์ของกล้ามเนื้อส่วนนี้สูงกว่าไก่เพศเมีย ($P<0.01$) เมื่อพิจารณาช่วงอายุไก่ที่ให้น้ำหนักมีชีวิตเหมาะกับความต้องการของตลาดการบริโภคที่น้ำหนักมีชีวิตประมาณ 1.5 กก. พบว่าช่วงอายุที่ให้น้ำหนักดังกล่าวอยู่ที่ 16 สัปดาห์สำหรับการเลี้ยงแบบประณีตและที่ 18 สัปดาห์สำหรับการเลี้ยงแบบไม่ประณีต

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับการเจริญเติบโตของไก่กระทงซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ผ่านการพัฒนาให้มีอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว พบว่าไก่กระทงที่อายุ 2 –12 สัปดาห์มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักมีชีวิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ในช่วงน้ำหนัก 420 – 3,603 กรัม ดังแสดงใน Table 1 ภาคผนวก ก โดยที่ระดับอายุระหว่าง 4 – 6 สัปดาห์ จะให้ค่าน้ำหนักมีชีวิตในช่วงประมาณ 1.1 – 1.9 กก. สำหรับน้ำหนักซากที่ช่วงน้ำหนักมีชีวิตเท่ากันของไก่ทั้งสองสายพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกัน Figure 1 แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักมีชีวิตที่ช่วงอายุต่างๆของไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงทั้งสองระบบและไก่กระทง พบว่าในไก่พื้นเมืองทั้งสองระบบจะมีอัตราการเจริญเติบโตช้าลงเมื่อเลี้ยงถึงช่วงอายุหลังจาก 18 สัปดาห์ โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญสำหรับการเลี้ยงแบบประณีตและมีน้ำหนักคงที่หากเลี้ยงแบบไม่ประณีต ส่วนไก่กระทงจะมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญอย่างต่อเนื่องในอัตราที่สูงกว่าไก่พื้นเมือง แต่อัตราการเพิ่มของน้ำหนักจะมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มลดลงเมื่อเลี้ยงหลังจาก 6 สัปดาห์ โดยลดจาก 72% เหลือ 32%, 23% และ 12% ในสัปดาห์ที่ 8, 10 และ 12 ตามลำดับ สำหรับการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถเลี้ยงไก่กระทงเกิน 12 สัปดาห์ได้เนื่องจากอัตราการตายของไก่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการเก็บข้อมูล

Table 3 Effects of age and rearing systems on live weight, carcass weight and breast (*Pectoralis major*) weight of Thai indigenous chicken (Gai Dang)

Age	Live weight, kg		Carcass weight, (kg		Carcass, %		Breast weight, kg		Breast, %	
	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive
6	421.78±44.51^{f}	423.29±62.33^{f}	350.52±45.50^{f}	328±38.83^{f}	83.19±0.88	80.28±1.85	41.39±4.18^{f}	41.78±3.58^{e}	11.81±0.34^{d}	12.70±0.78^{ab}
8	707.76±91.66^{ef}	673.068±66.80^{ef}	628.12±65.25^{ef}	540.06±45.30^{ef}	81.15±0.28	80.37±2.80	74.96±14.07^{ef}	68.16±7.74^{de}	11.94±0.83^{bcd}	12.62±0.66^{bc}
10	886.39±223.02^{de}	937.76±161.98^{de}	738.72±190.08^{de}	791.68±157.19^{de}	83.35±2.62	84.16±3.62	93.08±26.77^{e}	98.55±13.5^{d}	12.60±1.04^{bcd}	12.45±0.70^{bc}
12	1184.02±268.42^{cd}	1135.24±206.57^{cd}	979.02±202.86^{cd}	917.14±164.05^{cd}	83.01±2.74	80.81±1.55	116.71±21.52^{de}	109.02±20.76^{d}	11.92±0.68^{cd}	11.89±0.85^{bc}
14	1343.70±243.7^{c}	1361.84±157.50^{bc}	1143.31±198.07^{bc}	1121.19±144..21^{bc}	85.20±1.09	82.21±2.39	149.50±23.01^{cd}	133.08±20.99^{c}	13.08±0.84^{abc}	11.87±1.14^{bc}
16	1559.74±280.87^{bc}	1302.46±314.84^{c}	1318.46±238.38^{bc}	1111.59±290.41^{bc}	84.55±1.88	85.28±7.81	176.98±30.38^{bc}	142.87±52.45^{bc}	13.43±1.17^{ab}	12.85±2.12^{ab}
18	1586.15±299.57^{bc}	1641.61±355.11^{ab}	1300.48±289.84^{bc}	1320.49±293.68^{ab}	82.72±14.57	80.36±2.17	175.94±32.98^{bc}	163.00±44.94^{abc}	13.53±1.97^{abc}	12.34±1.07^{bc}
20	1760.29±402.87^{ab}	1810.14±374.10^{a}	1475.74±366.49^{ab}	1512.08±318.61^{a}	83.53±3.14	83.48±2.02	199.00±47.68^{ab}	204.99±35.07^{ab}	13.49±0.95^{abc}	14.51±0.81^{a}
22	1785.07±319.99^{ab}	1778.61±393.22^{a}	1436.61±284.21^{ab}	1486.45±378.39^{a}	80.36±4.15	83.23±6.61	216.36±33.25^{ab}	201.75±43.72^{a}	15.05±1.29^{a}	13.57±0.87^{a}
24	2043.23±668.18^{a}	1755.16±247.05^{a}	1701.79±561.78^{a}	1467.95±202.95^{a}	83.37±3.85	83.71±2.43	241.10±82.25^{a}	198.12±29.35^{a}	14.18±0.77^{abc}	13.49±1.52^{a}
Block	**	**	**	**	ns	ns	**	**	**	**
Age	**	**	**	**	ns	ns	**	**	**	**
System	Ns		ns		ns		ns		**	
Age*System	ns		ns		ns		ns		ns	

Data are presented as mean ± standard deviation. n = 20 for age 6 - 12 weeks, n = 15 for age 14 - 18 weeks, n = 10 for age 20 – 24 weeks

^{abcdef}Means within column with differing superscripts are significantly different (P<0.05); * = P<0.05; * = P<0.01; ns = non-significant difference at P>0.05)

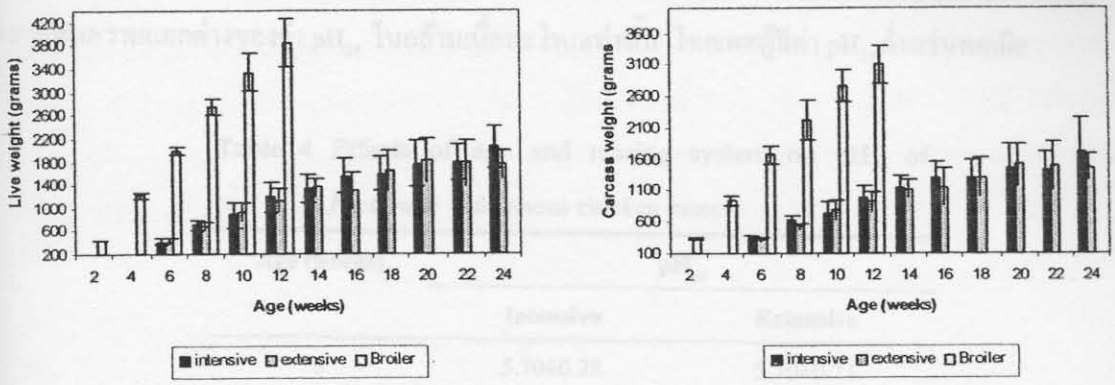


Figure 1 Live weight and carcass weight of *Pectoralis* muscles at differing ages of broiler and Thai indigenous chicken reared under intensive and extensive systems

องค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองที่ระดับอายุและระบบการเลี้ยงต่างกันเทียบกับไก่กระทง

ความเป็นกรดและด่างของกล้ามเนื้อ (pH)

ค่า pH_{24} ของกล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองที่ทำการศึกษาครั้งนี้ได้แสดงไว้ใน Table 4 ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า ความแตกต่างระหว่างอายุและระบบการเลี้ยงไม่มีผลทำให้กล้ามเนื้อออกส่วนนอกของไก่มี pH_{24} แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้ความแตกต่างของเพศก็ไม่มีผลทำให้กล้ามเนื้อของไก่มีค่า pH_{24} แตกต่างกัน ($P>0.05$) ค่า pH_{24} ของกล้ามเนื้อออกส่วนนอกที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพของกล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองและไก่คอล่อนที่เลี้ยงแบบพื้นบ้านของ ไชยวรรณ และคณะ (2547) ที่รายงานว่า มีค่า pH_{24} เท่ากับ 5.84 และ 5.88 ตามลำดับ และยังใกล้เคียงกับรายงานของ Wattanachant และคณะ (2004) ซึ่งรายงานว่า กล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองมีค่า pH_{24} เท่ากับ 5.87 และผลการศึกษาของ สัญชัย และคณะ (2546) ที่พบว่า ค่า pH_{24} ของกล้ามเนื้อออกส่วนนอกของไก่พื้นเมืองมีค่าอยู่ในช่วง 5.72 ถึง 5.82 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Bihan-Duval และคณะ (2001) ที่รายงานว่า ค่า pH_{24} ของกล้ามเนื้อออกส่วนนอกของไก่เนื้อมีค่าเท่ากับ 5.82

สำหรับอิทธิพลของเพศที่มีต่อค่า pH_{24} ของกล้ามเนื้อออกส่วนนอกนั้น ถึงแม้ว่าการศึกษาครั้งนี้จะตรวจไม่พบความแตกต่างในเรื่องนี้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ไชยวรรณ และคณะ (2547) ที่ทำการศึกษาในกล้ามเนื้อออกส่วนนอกของไก่คอล่อนและไก่พื้นเมือง โดยรายงานว่า อิทธิพลของเพศไม่มีผลต่อค่า pH_{24} ของกล้ามเนื้อ แต่แตกต่างกับรายงานผลการศึกษาของ สัญชัย และคณะ (2546) พบว่า กล้ามเนื้อออกของไก่พื้นเมืองเพศผู้มีค่า pH_{24} สูงกว่าที่ตรวจพบในไก่เพศเมีย ($P<0.01$) ขณะที่ De Marchi และคณะ (2005) ได้ตรวจหาค่า

pH_{24} ในกล้ามเนื้ออกส่วนนอกและกล้ามเนื้อสะโพกของไก่พื้นเมืองของประเทศอิตาลี (Padovana breed) โดยตรวจพบความแตกต่างของค่า pH_{24} ในกล้ามเนื้อสะโพกเท่านั้น โดยเพศผู้มีค่า pH_{24} ต่ำกว่าเพศเมีย

Table 4 Effects of age and rearing system on pH_{24} of *Pectoralis* indigenous chicken muscle

Age (weeks)	pH_{24}	
	Intensive	**Extensive**
6	5.70±0.28	5.70±0.21
8	5.90±0.15	5.81±0.28
10	5.87±0.25	5.90±0.21
12	5.81±0.19	5.74±0.25
14	5.82±0.08	5.78±0.07
16	5.89±0.14	5.95±0.15
18	5.90±0.12	5.89±0.18
20	5.88±0.28	5.90±0.14
22	5.85±0.11	5.89±0.17
24	5.84±0.11	5.87±0.15
Sex	ns	ns
Age	ns	ns
System	ns	
Age * System	ns	

Mean±sd., n = 10 (5 birds x 2 determinations)

ns= no significant difference (P>0.05); Sex = block

ค่าความเป็นกรดด่าง pH_{24} ของกล้ามเนื้อไก่กระทงที่ระดับอายุต่างๆแสดงใน Table 1 ภาคผนวก ก ซึ่งผลของอายุไม่มีอิทธิพลต่อค่า pH_{24} ของกล้ามเนื้อไก่กระทง (P>0.05) โดยจะมีค่าอยู่ในช่วง 5.48 –5.69 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าในเนื้อไก่พื้นเมืองในทุกช่วงอายุดังแสดงใน Figure 2 เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Qiao และ คณะ (2001) ในเนื้ออกของไก่กระทงพบว่า ค่า pH_{24} ของเนื้อที่มีสีปกติควรอยู่ที่ 5.96 ส่วนเนื้อที่มีสีอ่อนจางจะมีค่า pH_{24} น้อยกว่า 5.81 ค่าที่ได้จากการศึกษานี้ยังต่ำกว่าการรายงานค่า pH_{24} ของไก่กระทงที่อายุประมาณ 5 สัปดาห์ในกล้ามเนื้ออก (5.93 ± 0.1) โดย Wattanachant และ คณะ (2004) แต่จากการศึกษาของ Quentin และ คณะ (2003) ในไก่กระทงที่มีอัตราการเจริญเติบโตต่างกันพบว่าในกลุ่มไก่กระทงที่โตช้าที่ช่วงอายุ 12 สัปดาห์มีค่า pH_{24} เท่ากับ 5.59 ± 0.02

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่างในกล้ามเนื้อ Forrest และคณะ (1975) อธิบายว่าค่าความเป็นกรดและด่างในกล้ามเนื้อมีค่าลดลงอย่างช้าๆ จากเดิมประมาณ 7.0 ลงไปเหลือประมาณ 5.6 – 5.7

ในเวลาประมาณ 6 – 8 ชั่วโมง หลังจากสัตว์ตาย โดย Lyon และ Buhr (1999) ได้สรุปว่า ระดับค่า pH_u ในกล้ามเนื้อไก่จะแตกต่างตามชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber type) โดยค่าความเป็นกรดและด่างของกล้ามเนื้อจะ ส่งกระทบต่อค่าสีและความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ซึ่ง Allen และคณะ (1998) รายงานว่ากล้ามเนื้อไก่ที่มีค่า pH ต่ำ ย่อมจะมีผลทำให้เนื้อมีค่า drip loss และค่า cooking loss สูงขึ้น ดังนั้นกล้ามเนื้อจึงมีความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง

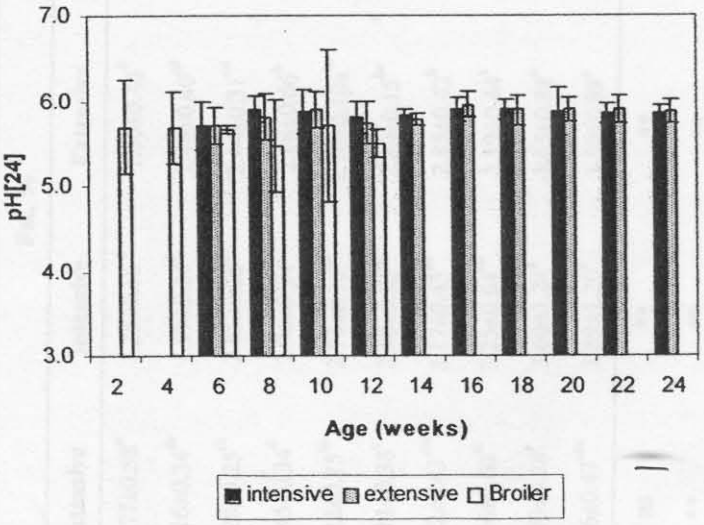


Figure 2 pH_{24} of *pectoralis* muscles at differing ages of broiler and Thai indigenous chicken reared under intensive and extensive systems

องค์ประกอบทางเคมี (proximate composition)

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้ออกส่วนนอกของไก่พื้นเมือง (Table 5) พบว่าเมื่ออายุของไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงทั้งสองระบบเพิ่มขึ้น กล้ามเนื้อส่วนนี้มีปริมาณความชื้นค่าลดลง ($P<0.01$) แต่มีปริมาณโปรตีนและไขมันเพิ่มขึ้น ($P<0.01$) โดยเมื่อไก่มีอายุ 22 สัปดาห์ กล้ามเนื้ออกส่วนนอกมีระดับปริมาณโปรตีนและไขมันเมื่อคิดเป็นร้อยละสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของระบบการเลี้ยงทั้งสองระบบต่อปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ในกล้ามเนื้ออกส่วนนอกของไก่พื้นเมือง พบว่าความแตกต่างของระบบการเลี้ยงไก่ไม่มีผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้อายุและระบบการเลี้ยงมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณไขมันที่สะสมในกล้ามเนื้อส่วนนี้ ($P<0.05$) นอกจากนี้ ยังพบว่าไก่พื้นเมืองเพศเมียที่เลี้ยงทั้งสองระบบมีปริมาณไขมันสูงกว่าไก่พื้นเมืองเพศผู้ ($P<0.01$)

Table 5 Effects of age and rearing system on proximate compositions of *Pectoralis* indigenous chicken muscle

Age (weeks)	Moisture, %		Protein, %		Fat, %		Ash, %	
	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive
6	77.79±0.26^{a}	76.33±1.46^{ab}	21.55±0.12^{g}	21.77±0.58^{e}	1.35±0.16^{d}	1.60±0.46^{d}	0.34±0.18	0.34±0.21
8	77.90±0.9^{a}	76.79±2.21^{a}	21.80±0.46^{fg}	22.16±0.34^{de}	1.99±0.24^{d}	2.40±0.40^{cd}	0.34±0.12	0.35±0.15
10	75.12±0.79^{b}	75.07±0.40^{abc}	22.31±0.25^{ef}	22.28±0.25^{de}	2.85±0.25^{c}	2.44±0.31^{cd}	0.34±0.12	0.35±0.08
12	74.60±0.90^{bc}	74.60±0.80^{bcd}	22.60±0.08^{de}	22.45±0.34^{d}	2.96±0.24^{c}	2.88±0.66^{b}	0.35±0.06	0.35±0.09
14	72.80±0.79^{cd}	74.57±0.5^{bcd}	22.99±0.09^{cd}	23.22±0.15^{bc}	2.73±0.16^{bc}	2.76±0.10a^{bc}	0.35±0.65	0.36±0.39
16	74.38±0.41^{bc}	74.42±0.77^{bcde}	23.08±0.13^{bcd}	23.11±0.38^{c}	2.88±0.26^{bc}	2.80±0.15^{bc}	0.35±0.12	0.35±0.29
18	73.46±1.1^{bc}	72.57±1.25^{ef}	23.42±1.05^{abc}	23.72±0.43^{abc}	3.17±0.43^{bc}	2.85±0.42^{b}	0.35±0.15	0.35±0.22
20	72.81±1.18^{cd}	73.62±1.08^{cdef}	23.74±0.14^{a}	23.76±0.60^{ab}	3.25±0.64^{bc}	3.19±0.44^{a}	0.35±0.13	0.35±0.18
22	73.83±2.52^{bc}	72.89±1.01^{def}	24.01±0.16^{a}	23.90±0.28^{a}	3.60±1.24^{a}	3.65±0.88^{a}	0.36±0.10	0.36±0.15
24	71.65±0.92^{c}	72.15±1.54^{f}	23.64±0.13^{ab}	23.66±0.47^{abc}	3.89±1.20^{a}	3.50±0.89^{a}	0.36±0.09	0.35±0.21
Sex	Ns	ns	ns	ns	**	**	ns	ns
Age	**	**	**	**	**	**	ns	ns
System	Ns		ns		ns		ns	
Age*System	ns		ns		*		ns	

Data are presented as mean ± standard deviation. n = 10 (5 birds x 2 determinations)

^{abcdf} Means within column with differing superscripts are significantly different (P<0.05); * = P<0.05; ** = P<0.01; ns= no significant difference (P>0.05); Sex = bloc

เนื่องจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีในกล้ามเนื้อของไก่พื้นเมืองไทยในช่วงอายุต่างๆ มีข้อมูลจำกัด ดังนั้นจึงขอนำข้อมูลนี้ไปเปรียบเทียบกับผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้ออกส่วนนอกของไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงแบบพื้นบ้านและเป็นค่าเฉลี่ยจากไก่น้ำหนัก 1.3, 1.5 และ 1.8 กก. ที่รายงานโดย สัญชัย และคณะ (2546) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักซากอาจสัมพันธ์กับอายุของไก่ โดยไก่ในช่วงน้ำหนักดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยของความชื้น โปรตีน และไขมัน เท่ากับ 73.47, 23.72 และ 0.43% ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ ไชยวรรณ และคณะ (2547) ที่ดำเนินการวิจัยในลักษณะเดียวกัน โดยรายงานว่าไก่พื้นเมืองภาคใต้ที่เลี้ยงแบบพื้นบ้านมีปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน เท่ากับ 73.39, 24.20 และ 0.20% ตามลำดับ จะเห็นว่าปริมาณความชื้นและโปรตีนที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับรายงานผลการศึกษาทั้งสองเรื่องข้างต้น ยกเว้นปริมาณไขมันที่มีค่าสูงกว่ารายงานของ สัญชัย และคณะ (2546) ประมาณ 82.8-84.4% และต่ำกว่ารายงานของ ไชยวรรณ และคณะ (2547) ประมาณ 92.0-92.8% ทั้งนี้น่าจะเป็นผลมาจากชนิดและปริมาณของอาหารที่ไก่กิน ทั้งนี้ผลการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีในกล้ามเนื้อเมื่อไก่มีอายุมากขึ้นนี้สอดคล้องกับคำอธิบายของ Lawrie (1991) ที่กล่าวว่า องค์ประกอบทางเคมีในกล้ามเนื้อของสัตว์จะเปลี่ยนแปลงไปตามอายุของสัตว์ ซึ่งโดยปกติเมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้นปริมาณความชื้นและโปรตีนจะค่อยๆ ลดลง ขณะที่ปริมาณ ไขมันจะเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณโปรตีนของกล้ามเนื้ออกส่วนนอกยังคงเพิ่มขึ้นเมื่ออายุของไก่เพิ่มขึ้นจนถึง 20 สัปดาห์ และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงอายุ 20 – 24 สัปดาห์ ซึ่งน่าจะสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในกล้ามเนื้อที่ลดลงด้วย ขณะที่การเพิ่มขึ้นของอายุไม่มีผลทำให้ปริมาณเถ้าในกล้ามเนื้อแตกต่างกัน (P>0.05) อย่างไรก็ตาม พบว่าปริมาณเถ้าที่วิเคราะห์ต่ำกว่ารายงานของไชยวรรณ และคณะ (2547) (1.27%) และ Wattanachant และคณะ (2004) (1.03 %) ตามลำดับ สำหรับผลของระบบการเลี้ยงต่อปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน ในกล้ามเนื้ออกส่วนนอกของไก่พื้นเมืองพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้มีค่าสอดคล้องกับผลการศึกษาของ นพ วรรณ และคณะ (2541) ที่ศึกษาถึงผลของระดับโปรตีน และระบบการเลี้ยงต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองและไก่ลูกผสมพื้นเมือง โดยพบว่าความแตกต่างของระบบการเลี้ยงไก่ไม่มีผลทำให้กล้ามเนื้อมีปริมาณไขมันแตกต่างกัน (P>0.05)

การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองและไก่กระทงที่ช่วงอายุต่างๆแสดงดังใน Figure 3 องค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อไก่กระทงที่ระดับอายุ 2-12 สัปดาห์แสดงใน Table 1 ภาคผนวก ก โดยปริมาณร้อยละของความชื้นจะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่ออายุไก่เพิ่มขึ้น (P<0.01) และมีค่าต่ำกว่าของไก่พื้นเมืองในทุกช่วงอายุ สำหรับค่าปริมาณโปรตีนของกล้ามเนื้อไก่กระทงจะค่อยๆลดลงจาก 20.87% ถึง 20.35% ที่ช่วงอายุ 2-6 สัปดาห์ (P<0.01) และหลังจากนั้นปริมาณโปรตีนจะลดลงเหลือ 19.44-19.39% โดยในช่วงอายุไก่ 8-12 สัปดาห์ปริมาณโปรตีนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.01) ปริมาณโปรตีนของไก่กระทงต่ำกว่าของไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงทั้งสองระบบซึ่งอาจเป็นผลจากการมีปริมาณไขมันที่สูงกว่า ซึ่งองค์ประกอบไขมันในกล้ามเนื้อไก่กระทงพบว่าไม่มีความแตกต่างในช่วงอายุ 2-6 สัปดาห์ (P>0.01) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.78 – 3.05% แต่ที่ช่วงอายุมากกว่า 6 สัปดาห์ปริมาณไขมันในกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้น

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) โดยที่อายุ 12 สัปดาห์มีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นถึง 2 เท่าของช่วงอายุ 6 สัปดาห์แรก ส่วนปริมาณเถ้าในกล้ามเนื้อมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่ออายุไก่มากขึ้น (P<0.01)

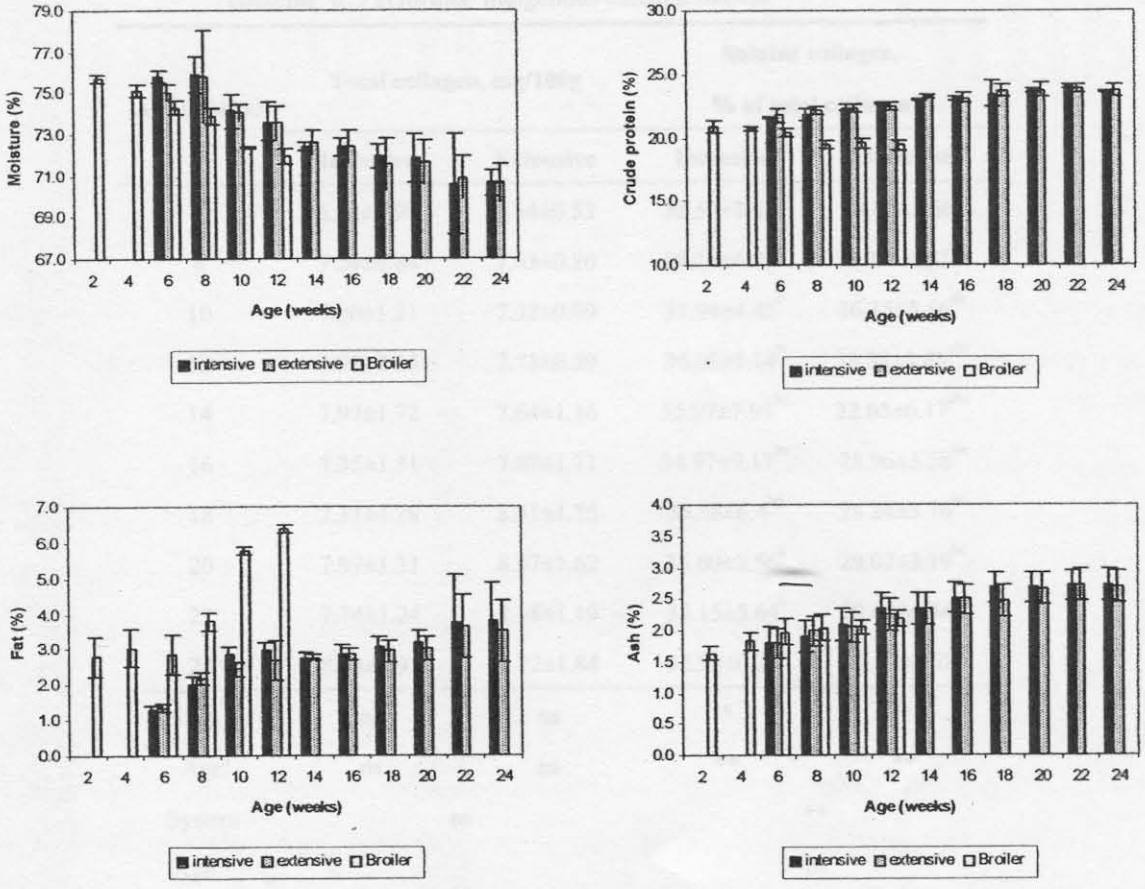


Figure 3 Proximate compositions of *pectoralis* muscles at differing ages of broiler and Thai indigenous chicken reared under intensive and extensive systems

ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดในกล้ามเนื้ออกส่วนนอก (Total collagen contents)

การศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด (total collagen content) และปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ (soluble collagen content) ในกล้ามเนื้ออกส่วนนอกของไก่พื้นเมืองที่อายุต่างๆ ซึ่งผลการศึกษา พบว่าอายุไม่มีผลต่อปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดในกล้ามเนื้อ (P>0.05) แม้ว่าจะมีแนวโน้มว่าเมื่อไก่มีอายุเพิ่มขึ้นกล้ามเนื้อจะมีปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดเพิ่ม นอกจากนี้ ความแตกต่างของระบบการเลี้ยงก็ไม่มีผลทำให้กล้ามเนื้ออกส่วนนอกของไก่พื้นเมืองมีปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดแตกต่างกันทางอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ (P>0.05) โดยความแตกต่างของเพศไม่มีผลทำให้กล้ามเนื้อไก่มีปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดแตกต่างกัน (P>0.05) ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดได้แสดงไว้ใน Table 6

Table 6 Effects of age and rearing system on total collagen and soluble collage contents of *Pectoralis* indigenous chicken muscle

Age (weeks)	Total collagen, mg/100g		Soluble collagen, % of total collagen	
	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive
6	6.54±0.90	6.64±0.53	38.50±2.45^{a}	38.86±5.66^{a}
8	7.24±0.84	7.63±0.80	39.03±6.27^{a}	35.25±8.30^{abc}
10	7.80±1.21	7.32±0.99	37.94±4.43^{b}	36.35±5.56^{ab}
12	7.95±1.15	7.73±0.59	36.08±5.14^{b}	33.38±3.85^{abc}
14	7.97±1.72	7.64±1.16	35.97±7.93^{bc}	32.65±6.17^{abc}
16	7.35±1.31	7.87±1.71	34.97±9.17^{bc}	28.96±3.58^{bc}
18	7.31±1.29	8.31±1.75	35.58±6.4^{bg}	28.24±3.76^{bc}
20	7.97±1.31	8.57±1.62	36.60±2.56^{b}	29.02±3.19^{bc}
22	7.74±1.24	8.18±1.19	35.15±5.64^{c}	29.45±4.54^{bc}
24	8.84±0.91	8.72±1.84	32.98±6.26^{c}	27.59±4.78^{c}
Sex	ns	ns	*	*
Age	ns	ns	**	**
System	ns		**	
Age * System	ns		ns	

Mean±sd., n = 10 (5 birds x 2 determinations)

^{abcd} Means within column with differing superscripts are significantly different (P<0.05); * = P <0.05; ** = P<0.01; ns= no significant difference (P>0.05); sex = block

สำหรับปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ (Table 6) พบว่าเมื่ออายุของไก่พื้นเมืองเพิ่มขึ้น คอลลาเจนที่ละลายได้มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบประณีตมีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้สูงกว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบไม่ประณีต (P<0.01) นอกจากนี้ผลการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าความแตกต่างของเพศมีผลทำให้ปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ในกล้ามเนื้ออกส่วนนอกแตกต่างกัน (P<0.05) ทั้งในไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบประณีตและไม่ประณีต โดยไก่เพศเมียมีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้สูงกว่าไก่เพศผู้ (P<0.05)

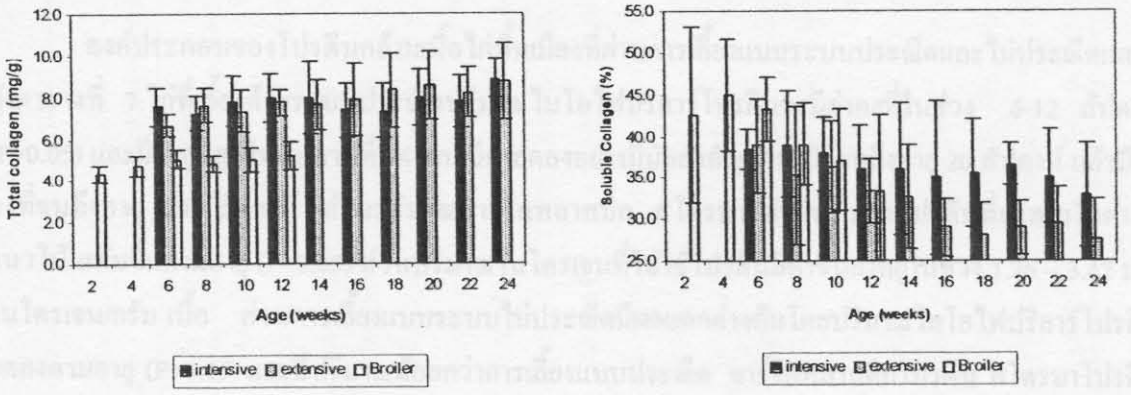


Figure 4 Total collagen (mg/g muscle) and soluble collagen content (% of total) of *pectoralis* muscles at differing ages of broiler and Thai indigenous chicken reared under intensive and extensive systems

Figure 4 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดและคอลลาเจนที่ละลายได้ของกล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองและไก่กระทง โดยไก่พื้นเมืองมีปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดสูงกว่าเนื้อไก่กระทงทุกช่วงอายุ แต่ปริมาณคอลลาเจนที่ละลายของไก่กระทงสูงกว่าในทุกช่วงอายุยกเว้นที่อายุ 12 สัปดาห์ สำหรับข้อมูลปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดและปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ของไก่กระทงแสดงใน Table 1 (ภาคผนวก ก) พบว่าปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อมีค่าขึ้นลงอยู่ในช่วง 4.28 – 5.27 มก./กรัม ในระหว่างช่วงอายุ 2 –12 สัปดาห์ สำหรับร้อยละของปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงอายุ 2-12 สัปดาห์ของไก่กระทง ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 33.34 – 44.81% เมื่อพิจารณาจากรูปจะเห็นแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดและการลดลงของคอลลาเจนที่ละลายได้ตามระดับอายุของไก่

อนึ่ง ผลการเพิ่มขึ้นคอลลาเจนทั้งหมดและการลดลงของปริมาณคอลลาเจนที่ละลายเมื่ออายุของไก่เพิ่มขึ้นนี้ สอดคล้องผลการศึกษาของ ไชยวรรณ และคณะ (2547) ที่รายงานว่า กล้ามเนื้อออกส่วนนอกของไก่พื้นเมืองซึ่งมีน้ำหนักตัว 1.3, 1.5 และ 1.8 กก. ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วง 14 ถึง 20 สัปดาห์ มีปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดเท่ากับ 6.72, 8.05 และ 8.71 มก./เนื้อ 100 กรัม ตามลำดับ และมีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ เท่ากับ 15.80, 18.02 และ 16.73% ของปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด ตามลำดับ จากการรายงานของ Nakamura และคณะ (1975) พบว่าปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดของไก่ไม่ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามอายุ แต่ปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ของไก่กระทงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามอายุ ในแง่ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดและคอลลาเจนที่ละลายได้นั้น Moran (1999) รายงานว่า ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุของสัตว์เพิ่มขึ้น โดยคอลลาเจนเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีปริมาณมากที่สุดในกล้ามเนื้อ และมีผลต่อคุณภาพเนื้อในแง่ของความนุ่มเหนียว (tenderness) เพราะเมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้นโมเลกุลของคอลลาเจนจะจับตัวกันเกิดสภาพ intermolecular crosslink มีผลทำให้การละลายได้ของคอลลาเจนลดลง (Lawrie, 1991; Warriss, 2000)

องค์ประกอบและรูปแบบของโปรตีนกล้ามเนื้อ

องค์ประกอบของโปรตีนกล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองที่ผ่านการเลี้ยงแบบระบบประณีตและไม่ประณีตแสดงดังตารางที่ 7 ไก่ที่เลี้ยงด้วยระบบประณีตปริมาณไมโอไฟบริลาร์โปรตีนจะมีค่าคงที่ในช่วง 6-12 สัปดาห์ ($P>0.05$) และมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 14 และมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจนถึงอายุ 20 สัปดาห์ แล้วมีค่าคงที่จนถึงอายุ 24 สัปดาห์ ส่วนปริมาณซาร์โคพลาสมิก สโตรมาโปรตีน และโปรตีนที่ละลายในด่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุ ($P<0.05$) ส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ไม่ใช้โปรตีนมีค่าขึ้นลงอยู่ในช่วง 1.26 – 3.42 มก. ไนโตรเจน/กรัม เนื้อ ส่วนการเลี้ยงแบบระบบไม่ประณีตมีผลแตกต่างกันโดยปริมาณไมโอไฟปริลาร์โปรตีนลดลงตามอายุ ($P<0.05$) และมีปริมาณน้อยกว่าการเลี้ยงแบบประณีต ซาร์โคพลาสติกโปรตีน สโตรมาโปรตีน และโปรตีนที่ละลายในด่างเพิ่มขึ้นตามอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยการเลี้ยงแบบไม่ประณีตมีปริมาณสโตรมาโปรตีนและโปรตีนที่ละลายในด่างสูงกว่า การเลี้ยงแบบประณีตมีผลให้ปริมาณสัดส่วนไมโอไฟปริลาร์โปรตีนของเนื้อไก่สูงกว่าการเลี้ยงแบบไม่ประณีตในช่วง 41.06 – 57.16% และ 31.22 – 56.52% ตามลำดับ ซึ่งผลของปริมาณองค์ประกอบโปรตีนกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันโดยเฉพาะปริมาณไมโอไฟปริลาร์โปรตีนทำให้การเลี้ยงแบบประณีตให้ไก่ที่มีคุณภาพทางคุณสมบัติโปรตีนกล้ามเนื้อที่ดีกว่า เนื่องจากไมโอไฟปริลาร์โปรตีนมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำและการเกิดเจลของโปรตีนส่งผลให้เนื้อมีคุณภาพในเรื่องนุ่มเนื้อและการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ

สำหรับองค์ประกอบของโปรตีนกล้ามเนื้อของไก่กระทงที่ช่วงอายุ 2-12 สัปดาห์ แสดงผลในตารางที่ 8 โดยโปรตีนกล้ามเนื้อมีองค์ประกอบเป็นโปรตีนไมโอไฟบริลาร์ที่ไม่แตกต่างทางสถิติในช่วง 2-12 สัปดาห์ แต่มีปริมาณลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้นที่ 8-12 สัปดาห์ ($P>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาในรูปสัดส่วนร้อยละขององค์ประกอบโปรตีนไมโอไฟบริลาร์จะมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่ออายุไก่มากขึ้น ($P<0.05$) ส่วนซาร์โคพลาสมิกโปรตีนจะมีปริมาณไม่แตกต่างกันในช่วงอายุ 2 –12 สัปดาห์ ($P>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาในสัดส่วนร้อยละ พบว่าโปรตีนซาร์โคพลาสมิกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายด่างและปริมาณสโตรมาโปรตีนมีปริมาณไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงอายุ 2-12 สัปดาห์ ส่วนปริมาณสารไนโตรเจนที่ไม่ใช้โปรตีนมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่ออายุไก่เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไมโอไฟปริลาร์โปรตีนพบว่ามีปริมาณสูงกว่าไก่พื้นเมืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ปริมาณซาร์โคพลาสมิก สโตรมาโปรตีน และโปรตีนที่ละลายในด่างมีปริมาณน้อยกว่าในเนื้อไก่พื้นเมือง ซึ่งอาจมีผลให้คุณภาพของเนื้อไก่กระทงมีคุณภาพของโปรตีนกล้ามเนื้อที่ดีกว่า

รูปแบบของโปรตีนกล้ามเนื้อของไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงแบบระบบประณีตและไม่ประณีตที่ช่วงอายุ 6-24 สัปดาห์แสดงดัง Figure 5 จากรายงานวิจัยที่ผ่านมาโปรตีนกล้ามเนื้อไมโอซินมีน้ำหนักโมเลกุล 480 kDa ซึ่งประกอบด้วย สองหน่วยย่อยของ heavy chains ที่ระดับน้ำหนักโมเลกุล 200 kDa และสี่หน่วยย่อยของ light chains มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วงประมาณ 16 – 27.5 kDa ส่วนโปรตีนแอคตินในรูปโมโนเมอร์ของ G-actin

Table 7 Effect of age and rearing system on protein composition of *Pectoralis* indigenous chicken muscle

Age (weeks)	Non-protein N (mg N/ g muscle)		Protein N (mg N/ g muscle)							
			myofibrillar		sarcoplasmic		stroma		Alkali-soluble	
	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive
6	1.79 ± 0.72^{c}	1.82 ± 0.09^{f}	12.03 ± 0.05^{e}	14.99 ± 0.10^{a}	10.11 ± 0.09^{d}	8.76 ± 0.45^{g}	0.49 ± 0.02^{e}	1.44 ± 0.05^{ab}	1.08 ± 0.30^{e}	1.34 ± 0.02^{f}
			(50.75 ± 0.80)	(56.53 ± 0.87)	(42.64 ± 0.47)	(33.00 ± 0.96)	(2.07 ± 0.07)	(5.42 ± 0.08)	(8.67 ± 1.96)	(5.04 ± 0.17)
8	3.13 ± 0.68^{ab}	1.59 ± 0.10^{f}	10.35 ± 0.43^{e}	13.68 ± 0.18^{b}	10.78 ± 0.08^{d}	10.69 ± 0.03^{ef}	0.95 ± 0.03^{de}	1.05 ± 0.08^{b}	1.57 ± 0.25^{e}	1.34 ± 0.06^{f}
			(43.77 ± 1.39)	(51.11 ± 0.40)	(45.59 ± 0.13)	(39.96 ± 0.11)	(4.01 ± 0.15)	(3.94 ± 0.02)	(11.03 ± 1.64)	(4.99 ± 0.26)
10	2.53 ± 0.56^{abc}	1.98 ± 0.19^{f}	11.03 ± 0.76^{e}	13.16 ± 0.06^{b}	11.02 ± 0.12^{cd}	11.35 ± 0.11^{de}	1.01 ± 0.22^{cd}	1.42 ± 0.03^{ab}	2.20 ± 0.15^{d}	2.13 ± 0.10^{e}
			(43.62 ± 1.79)	(46.92 ± 0.18)	(43.65 ± 1.71)	(40.46 ± 0.03)	(4.01 ± 0.76)	(5.04 ± 0.15)	(14.29 ± 0.93)	(7.58 ± 0.30)
12	2.42 ± 0.90^{abc}	2.16 ± 0.19^{ef}	10.92 ± 0.52^{e}	13.21 ± 0.08^{b}	11.33 ± 0.62^{cd}	10.06 ± 0.08^{f}	1.24 ± 0.06^{cd}	1.32 ± 0.18^{ab}	1.57 ± 0.03^{e}	2.14 ± 0.05^{e}
			(43.60 ± 2.39)	(49.42 ± 0.42)	(45.21 ± 2.12)	(37.64 ± 0.25)	(4.95 ± 0.21)	(4.92 ± 0.61)	(10.22 ± 0.18)	(8.02 ± 0.64)
14	3.42 ± 0.74^{a}	3.08 ± 0.20^{de}	22.21 ± 0.95^{a}	13.16 ± 0.81^{b}	12.72 ± 0.42^{c}	13.01 ± 0.31^{c}	1.20 ± 0.17^{cd}	1.54 ± 0.19^{ab}	2.72 ± 0.03^{c}	2.06 ± 0.03^{e}
			(57.16 ± 0.15)	(44.22 ± 1.74)	(32.75 ± 0.24)	(43.71 ± 2.02)	(3.08 ± 0.31)	(5.16 ± 0.54)	(14.93 ± 0.66)	(6.90 ± 0.26)
16	2.46 ± 0.10^{abc}	3.64 ± 0.20^{cd}	20.27 ± 1.18^{b}	12.95 ± 0.09^{bc}	14.66 ± 0.14^{b}	14.39 ± 0.54^{b}	1.81 ± 0.04^{b}	1.59 ± 0.74^{ab}	3.87 ± 0.06^{a}	2.22 ± 0.12^{de}
			(49.90 ± 1.26)	(41.56 ± 0.26)	(36.11 ± 0.85)	(46.19 ± 1.72)	(4.46 ± 0.24)	(5.12 ± 2.37)	(17.70 ± 0.44)	(7.12 ± 0.39)
18	3.22 ± 0.18^{a}	4.81 ± 0.41^{ab}	15.34 ± 0.94^{d}	12.08 ± 0.35^{c}	16.05 ± 0.84^{a}	12.05 ± 0.21^{d}	1.28 ± 0.06^{cd}	1.59 ± 0.06^{ab}	3.37 ± 0.14^{ab}	2.38 ± 0.09^{d}
			(42.04 ± 0.31)	(42.99 ± 1.07)	(45.22 ± 0.16)	(42.89 ± 0.93)	(3.50 ± 0.04)	(5.64 ± 0.20)	(14.99 ± 0.04)	(8.47 ± 0.35)
20	1.92 ± 0.18^{bc}	5.24 ± 0.05^{a}	17.88 ± 0.94^{c}	10.19 ± 0.38^{d}	15.07 ± 1.10^{ab}	13.02 ± 0.31^{c}	1.53 ± 0.33^{bc}	1.77 ± 0.08^{a}	2.92 ± 0.46^{bc}	3.91 ± 0.08^{c}
			(47.80 ± 0.26)	(35.29 ± 1.05)	(40.29 ± 0.61)	(45.06 ± 1.43)	(4.12 ± 1.12)	(6.12 ± 0.22)	(13.56 ± 1.49)	(13.53 ± 0.15)
22	1.26 ± 0.05^{c}	$4.06 \pm 1.15b^{cd}$	14.62 ± 0.90^{d}	11.06 ± 0.78^{d}	14.90 ± 1.48^{ab}	15.32 ± 0.09^{a}	1.81 ± 0.37^{b}	1.67 ± 0.04^{ab}	3.54 ± 0.12^{a}	5.13 ± 0.05^{b}
			(41.91 ± 0.33)	(33.32 ± 1.76)	(42.68 ± 1.94)	(46.17 ± 1.10)	(5.22 ± 1.35)	(5.05 ± 0.23)	(15.98 ± 1.80)	(15.46 ± 0.43)
24	2.13 ± 0.18^{abc}	4.45 ± 0.60^{abc}	14.46 ± 1.11^{d}	10.13 ± 0.52^{d}	14.58 ± 0.96^{b}	14.66 ± 0.61^{ab}	2.33 ± 0.39^{a}	1.79 ± 0.42^{a}	3.85 ± 0.18^{a}	5.85 ± 0.08^{a}
			(41.07 ± 3.23)	(31.22 ± 0.14)	(41.40 ± 2.67)	(45.21 ± 0.38)	(6.61 ± 1.09)	(5.50 ± 1.02)	(17.84 ± 2.98)	(18.05 ± 0.66)

[a-g] Means within column with differing superscripts are significantly different ($P<0.05$). Data in parenthesis are calculated as mean percent of total protein nitrogen. n = 4

Table 8 Effect of age on protein composition of *Pectoralis* broiler chicken muscle

Items	Age (weeks)						Level of Sig.
	2	4	6	8	10	12	
Non-protein N (mg N/ g muscle)	5.59±0.19^{ab}	5.43±0.06^{b}	5.94±0.06^{abc}	6.04±0.02^{bc}	6.14±0.05^{bc}	6.28±0.39^{c}	P<0.05
Protein N (mg N/ g muscle)							
Myofibrillar	18.38±0.85	18.79±0.50	18.49±0.54	17.78±1.00	16.17±1.45	16.80±1.09	NS
	(63.50±0.51)^{a}	(61.87±0.14)^{ab}	(60.51±0.57)^{abc}	(60.29±2.23)^{abc}	(57.82±2.33)^{c}	(59.45±1.24)^{bc}	P<0.05
Sarcoplasmic	9.24±0.74	10.04±0.25	10.57±0.84	10.20±0.35	10.38±0.11	9.74±0.56	NS
	(31.91±0.81)^{b}	(33.08±0.11)^{b}	(34.55±1.86)^{ab}	(34.62±1.86)^{ab}	(37.21±2.26)^{a}	(34.48±0.88)^{ab}	P<0.05
Stroma	0.69±0.02	0.74±0.02	0.74±0.09	0.74±0.08	0.75±0.04	0.88±0.07	NS
	(2.37±0.20)^{a}	(2.42±0.14)^{a}	(2.42±0.39)^{a}	(2.50±0.30)^{a}	(2.75±0.03)^{ab}	(3.10±0.17)^{b}	P<0.05
Alkali-Soluble	0.65±0.01	0.80±0.10	0.77±0.11	0.77±0.01	0.63±0.01	0.87±0.20	NS
	(2.22±0.10)	(2.63±0.39)	(2.53±0.47)	(2.60±0.07)	(2.23±0.09)	(3.09±0.63)	NS

^{a,b}Means within column with differing superscripts are significantly different (P<0.05). Data in parenthesis are calculated as mean percent of total protein nitrogen. n = 4

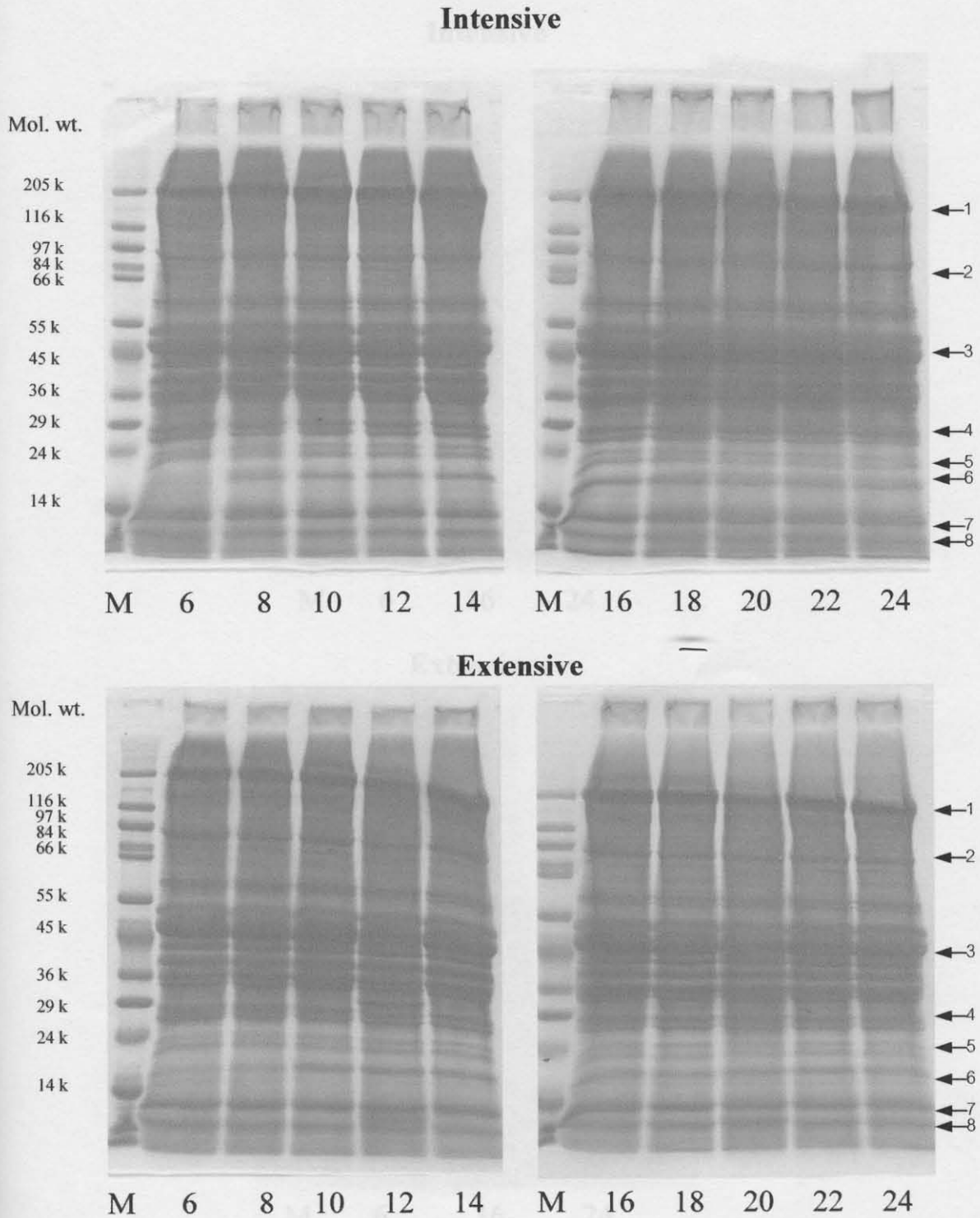


Figure 5 SDS-PAGE patterns of *pectoralis* muscles from differing ages (6-24 weeks) of indigenous chicken rearing under intensive and extensive system (M = molecular weight standard)

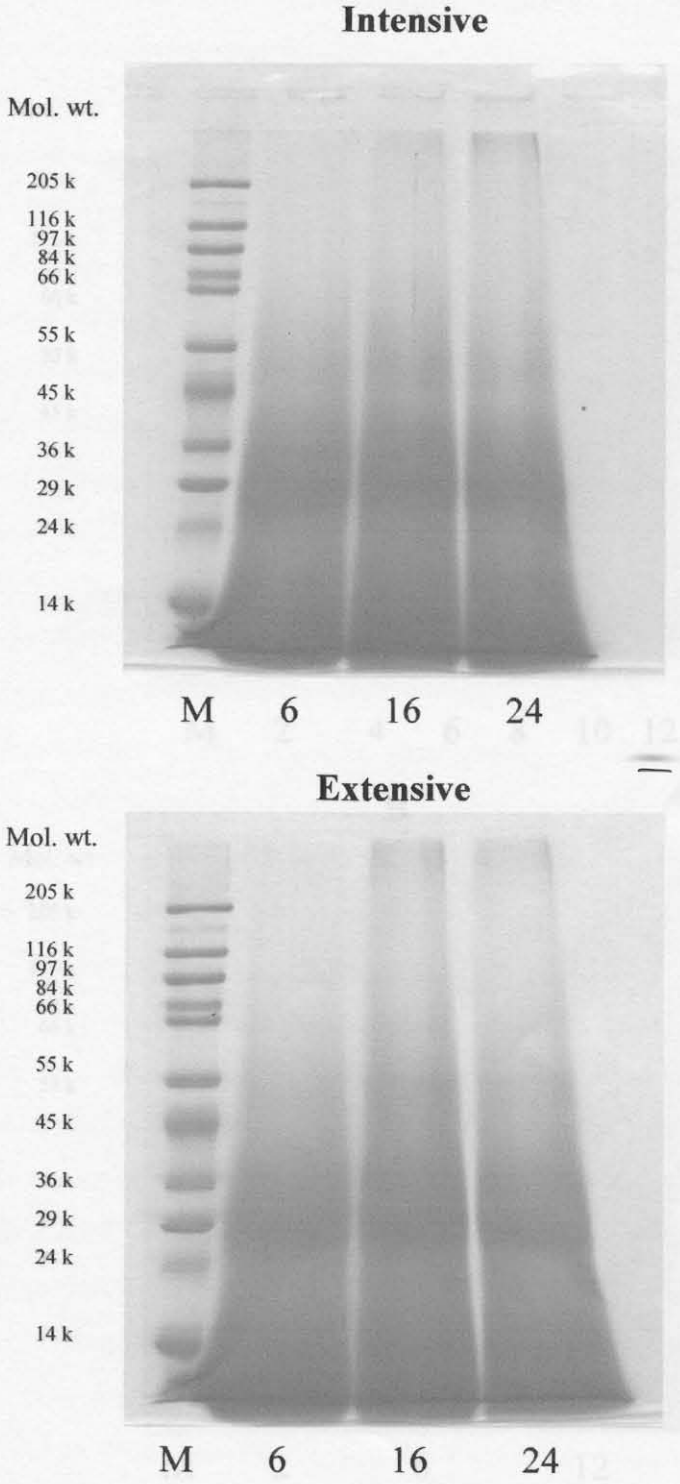


Figure 6 SDS-PAGE patterns of sarcoplasmic protein fractions of *pectoralis* muscles from differing ages (6, 16 and 24 weeks) of indigenous chicken rearing under intensive and extensive system (M = molecular weight standard)

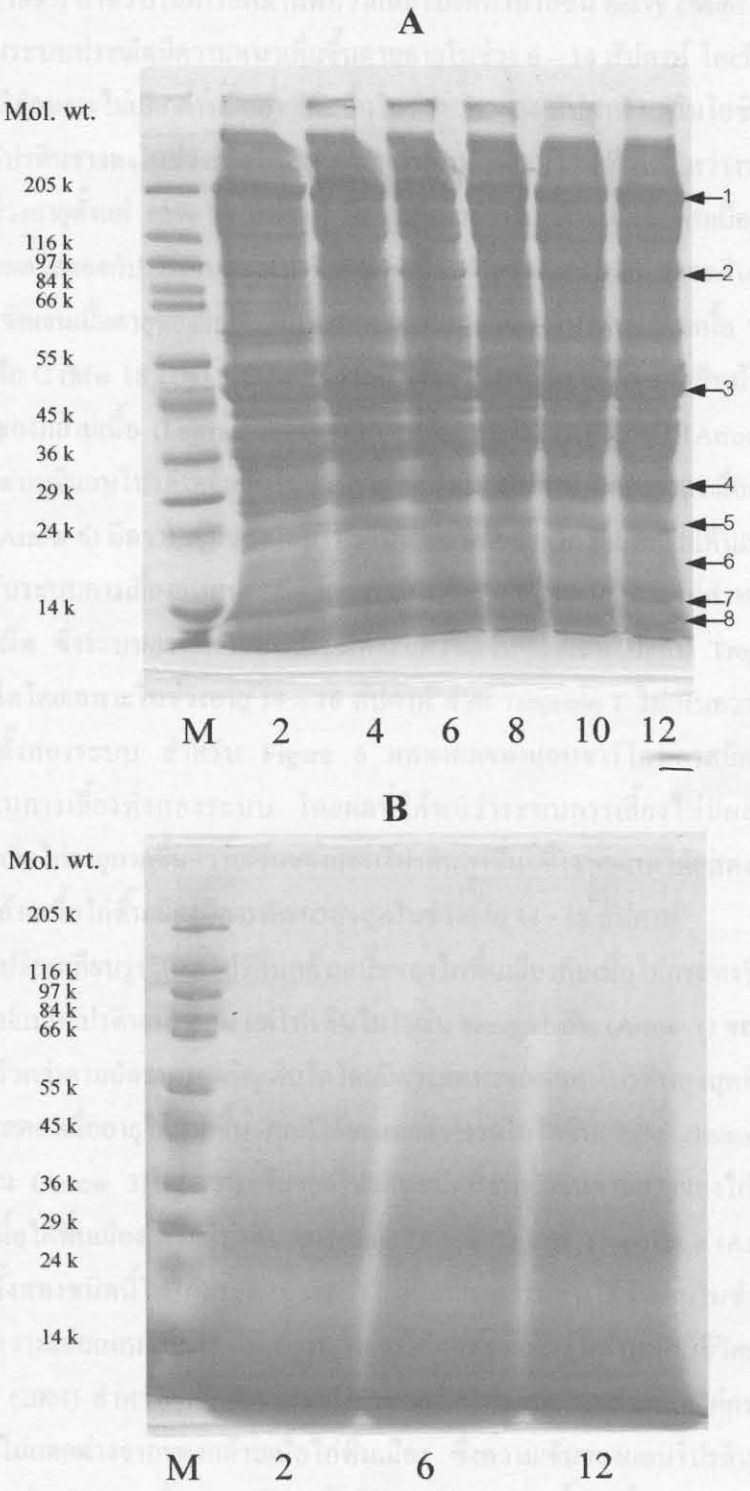


Figure 7 SDS-PAGE patterns of muscles (A) and sarcoplasmic protein fractions (B) from *pectoralis* muscles of broiler at differing ages 2, 4, 6, 8, 10 and 12 weeks (M = molecular weight standard)

มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 42 kDa (Lan et al., 1995; Murphy and Marks, 2000; Xiong and Breakke, 1989; Claeys et al., 1995) สำหรับในการศึกษานี้พบว่าแถบโปรตีนไมโอซิน heavy chains (Arrow 1) ของกล้ามเนื้อไก่ที่เลี้ยงแบบระบบประณีตมีความหนาเพิ่มขึ้นตามอายุในช่วง 6 – 14 สัปดาห์ โดยมีแถบหนาสุดที่ช่วงอายุ 14 สัปดาห์ และมีลักษณะไม่แตกต่างเมื่ออายุเพิ่มขึ้นในช่วง 16 – 24 สัปดาห์ แต่ไมโอซิน light chains (Arrow 4, 7, 8) มีแถบโปรตีนจางลงในช่วงอายุไก่ 22 – 24 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระบบการเลี้ยงแถบโปรตีนไมโอซินในช่วงอายุตั้งแต่ 12 – 24 สัปดาห์ มีความหนากว่าในกล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงแบบไม่ประณีตซึ่งสอดคล้องกับผลขององค์ประกอบของโปรตีนกล้ามเนื้อ สำหรับแถบโปรตีนแอคติน (Arrow 3) ไม่เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนเมื่ออายุของไก่เพิ่มขึ้นทั้งสองระบบการเลี้ยง โปรตีนกล้ามเนื้อ Troponin สามารถแบ่งได้สามประเภทคือ C (Mw 18 kDa), I (Mw 21 kDa), และ T (Mw 21 kDa) โดยมีหน้าที่ในการควบคุมกระบวนการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อ (Lawrie, 1991) จากการศึกษาพบว่า Troponin I (Arrow 5) ของกล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองทั้งสองระบบมีแถบโปรตีนเข้มขึ้นในช่วงอายุ 14 – 18 สัปดาห์ และจางลงเมื่ออายุสูงขึ้น ซึ่งแตกต่างจาก Troponin C (Arrow 6) มีความเข้มของแถบโปรตีนพัฒนาตามอายุไก่โดยจะเริ่มเห็นแถบโปรตีนนี้ในช่วงอายุ 8 สัปดาห์สำหรับระบบการเลี้ยงแบบประณีต และเริ่มเห็นชัดเจนที่อายุ 10 สัปดาห์สำหรับไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงแบบระบบไม่ประณีต ซึ่งระบบการเลี้ยงแบบประณีตจะมีความเข้มของแถบโปรตีน Troponin C สูงกว่าการเลี้ยงแบบไม่ประณีตโดยเฉพาะในช่วงอายุ 14 – 16 สัปดาห์ ส่วน Troponin T ไม่เห็นความแตกต่างตามอายุในไก่ที่ผ่านการเลี้ยงทั้งสองระบบ สำหรับ Figure 6 แสดงผลของแถบซาร์โคพลาสมิกโปรตีนของกล้ามเนื้อไก่-พื้นเมืองที่ผ่านการเลี้ยงทั้งสองระบบ โดยผลที่ได้พบว่าระบบการเลี้ยงไม่มีผลต่อรูปแบบของโปรตีน อย่างไรก็ตามเมื่อไก่อายุมากขึ้นความเข้มของแถบโปรตีนสูงขึ้น ซึ่งจากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าไมโอไฟปริลาร์โปรตีนของกล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองมีการพัฒนาสูงสุดในช่วงอายุ 14 - 18 สัปดาห์

เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบโปรตีนกล้ามเนื้อของไก่พื้นเมืองกับเนื้อไก่กระทงที่ระดับอายุต่างๆ (Figure 7A) พบว่ามีรูปแบบโปรตีนคล้ายกัน แต่โปรตีนไมโอซิน heavy chains (Arrow 1) ของเนื้อไก่กระทงจะเพิ่มขึ้นในช่วงอายุที่เร็วกว่าตามอัตราการเจริญเติบโตโดยมีความหนาของแถบโปรตีนสูงสุดที่อายุ 4 สัปดาห์ และแถบโปรตีนจะเริ่มลดลงเมื่ออายุไก่มากขึ้น ผลที่ได้จะแตกต่างจากไมโอซิน light chains (Arrow 4, 7, 8) และโปรตีนแอคติน (Arrow 3)โดยความเข้มของโปรตีนชนิดนี้จะเพิ่มขึ้นตามอายุของไก่กระทงและมีความเข้มสูงกว่าในกล้ามเนื้อไก่พื้นเมือง ส่วนโปรตีน α-actinin (Arrow 2) และ Troponin c (Arrow 6) พบความเข้มของแถบโปรตีนทั้งสองชนิดนี้ในไก่กระทงน้อยกว่าไก่พื้นเมืองอย่างเห็นได้ชัดเจนในช่วงอายุที่เท่ากัน ซึ่งความแตกต่างของความเข้มแถบโปรตีนดังกล่าวระหว่างไก่สองสายพันธุ์ที่น้ำหนักมีชีวิตเท่ากันได้เคยรายงานโดย Wattanachant (2004) สำหรับรูปแบบของซาร์โคพลาสมิกโปรตีนของกล้ามเนื้อไก่กระทงแสดงใน Figure 7B โดยมีรูปแบบไม่แตกต่างจากของกล้ามเนื้อไก่พื้นเมือง ซึ่งความเข้มของแถบโปรตีนชนิดนี้จะเพิ่มขึ้นตามอายุของไก่กระทงอย่างชัดเจน ซึ่งผลการศึกษาที่ได้ยืนยันว่าในกล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองมีการพัฒนาโปรตีนกล้ามเนื้อส่วนที่ทำหน้าที่ยึดหดตัวไมโอซินและแอคตินสูงสุดในช่วงอายุ 14 – 18 สัปดาห์ แต่จะพัฒนาโปรตีนที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการยึดหดตัว (Troponin) และโปรตีนยึดโครงสร้างความแข็งแรงของเส้นใย-แอคติน (α-actinin) อย่างต่อเนื่องซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับลักษณะพฤติกรรมประจำพันธุ์ของไก่พื้นเมืองที่มีลักษณะชอบคุ้ย

เขี่ยหาอาหารและเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อตลอดเวลา ส่วนในกล้ามเนื้อไก่กระทงปริมาณของโปรตีนไมโอซินและแอคตินพัฒนาได้เร็วและมีปริมาณสูงกว่า ในขณะที่โปรตีนที่ทำหน้าที่ควบคุมการหดหัวและโปรตีนยึดโครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อมีปริมาณน้อยกว่าซึ่งอาจมีสาเหตุจากอัตราการเจริญเติบโตที่รวดเร็วมีน้ำหนักซากและการเพิ่มน้ำหนักเนื้อสูงการเคลื่อนที่ของไก่กระทงจะน้อยลงเมื่ออายุสูงขึ้น ผลจากพฤติกรรมและอัตราการเจริญที่แตกต่างส่งผลต่อองค์ประกอบและรูปแบบของโปรตีนกล้ามเนื้อระหว่างไก่ทั้งสองสายพันธุ์ อาจเป็นผลให้กล้ามเนื้อไก่กระทงมีความนุ่มและมีความแข็งแรงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับไก่พื้นเมืองที่ระดับอายุเท่ากัน

สมบัติทางกายภาพและโครงสร้างระดับจุลภาคของกล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองที่ระดับอายุและระบบการเลี้ยงต่างกัน

ค่าสีของกล้ามเนื้อ

เมื่อพิจารณาถึงค่าสีของกล้ามเนื้ออกส่วนนอก พบว่าความแตกต่างของอายุและระบบการเลี้ยงและเพศมีผลทำให้กล้ามเนื้อของไก่พื้นเมืองมีค่าความสว่าง (L*) และค่าสี a* แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (Table 9) สำหรับค่า b* (ความเหลือง) ผลการศึกษาพบว่าเมื่อไก่มีอายุมากขึ้น กล้ามเนื้ออกส่วนนอกของไก่ที่เลี้ยงทั้งสองระบบมีค่า b* ลดลง ($P<0.05$) (Figure 8) โดยกล้ามเนื้อของไก่ที่เลี้ยงในระบบประณีตมีค่า b* น้อยกว่าไก่ที่เลี้ยงแบบไม่ประณีต ซึ่งค่าที่ได้แสดงถึงเนื้อไก่ที่เลี้ยงแบบไม่ประณีตมีโทนสีเนื้อขาวเหลืองกว่าไก่ที่เลี้ยงแบบประณีต และโทนสีเหลืองของเนื้อไก่ทั้งสองระบบลดลงเมื่อไก่มีอายุมากขึ้น อย่างไรก็ตามความแตกต่างของเพศไม่มีผลทำให้กล้ามเนื้อของไก่มีค่า L*, a* และ b* แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ สัญชัย และคณะ (2546) ที่ศึกษาค่าสี L*, a* และ b* ในกล้ามเนื้ออกส่วนนอกของไก่พื้นเมืองภาคเหนือ โดยรายงานว่ามีค่าเท่ากับ 59.12, 2.14 และ 8.82 และเปรียบเทียบกับรายงานของ ไชยวรรณ และคณะ (2547) ที่ตรวจพบว่ากล้ามเนื้อของไก่พื้นเมืองมีค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 67.34, 4.22 และ 14.44 ตามลำดับ พบว่ากล้ามเนื้ออกส่วนนอกของไก่พื้นเมืองที่ศึกษามีค่า L* และมีค่า a* ต่ำกว่า แต่มีค่า b* ใกล้เคียงกับรายงานทั้งสอง ขณะที่ De Marchi และคณะ (2005) รายงานว่า กล้ามเนื้ออกส่วนนอกของไก่พื้นเมืองเพศผู้และเพศเมียของประเทศอิตาลีมีค่า L*เท่ากับ 46.11 และ 44.79 ค่า a* เท่ากับ -2.38 และ -2.56 และมีค่า b* เท่ากับ -0.24 และ 2.72 ตามลำดับ ซึ่งการที่อายุและระบบการเลี้ยงมีอิทธิพลต่อค่า b* ของกล้ามเนื้อ ซึ่งอาจสัมพันธ์กับปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นตามอายุ และความแตกต่างของอาหารตามช่วงอายุ ในเรื่องการแสดงออกของค่าสีในเนื้อสัตว์นั้น Cornforth (1994) ได้ให้ข้อสรุปว่า ความแตกต่างของค่าสีในกล้ามเนื้อจะขึ้นอยู่กับพันธุ์ ชนิดของกล้ามเนื้อ เพศ และอาหารที่สัตว์ได้รับ นอกจากนั้นยังความแตกต่างของค่าสีของกล้ามเนื้อยังสัมพันธ์กับกระบวนการในการฆ่าสัตว์ ค่า pH ของกล้ามเนื้อ และสภาวะของแสง (Fletcher, 1999a) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า อายุและระบบการเลี้ยงไม่มีผลต่อค่าความสว่างและค่า a* ของเนื้อ ซึ่งสอดคล้องกับการไม่เปลี่ยนแปลงของค่า pH_{24} ของเนื้อไก่ที่อายุและระบบการเลี้ยงต่างกัน

Table 9 Effects of age and rearing system on L* a* b* of *Pectoralis* indigenous chicken muscle

Age	L*		a*		b*	
(weeks)	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive
6	53.77±4.97	53.64±5.20	0.84±0.56^{a}	0.43±0.26	12.50±2.01^{a}	11.62±1.13^{a}
8	53.51±5.22	54.87±5.96	-0.37±0.26^{bc}	-0.29±0.16	9.73±0.72^{b}	10.87±1.20^{a}
10	52.67±4.41	54.87±6.02	-0.47±0.35^{bc}	-0.56±0.36	9.00±0.40^{bc}	9.06±0.76^{a}
12	53.71±7.59	55.40±5.74	-0.45±0.50^{bc}	-0.81±0.48	9.55±0.23^{bc}	10.20±0.84^{a}
14	53.58±9.61	53.92±5.78	-0.60±0.49^{bc}	-0.74±0.29	8.99±0.55^{bc}	9.41±0.70^{a}
16	54.60±7.26	54.51±5.88	-0.98±0.56^{c}	-0.76±0.40	9.27±0.55^{bc}	9.11±0.56^{a}
18	53.88±8.34	57.70±5.95	-0.93±0.55^{c}	-1.06±0.50	7.74±0.45^{d}	9.00±0.35^{a}
20	54.70±6.68	57.14±5.82	-1.20±0.45^{c}	-1.18±1.49	8.21±0.85^{cd}	8.36±0.37^{ab}
22	54.33±6.20	56.45±6.25	-0.77±0.25^{bc}	-0.88±0.47	7.50±0.76^{d}	9.01±0.45^{a}
24	55.59±6.61	56.76±6.38	-1.17±0.66^{c}	-1.06±0.76	8.06±0.35^{cd}	8.56±0.79^{ab}
Sex	Ns	ns	ns	ns	ns	ns
Age	Ns	ns	ns	ns	*	*
System	ns		ns		*	
Age * System	ns		ns		ns	

Mean±sd., n = 10 (5 birds x 2 determinations)

$^{a-d}$ Means within column with differing superscripts are significantly different (P<0.05); * = (P,0.05); ** = P<0.01; ns= non significant difference; Sex = block

สำหรับค่าสีของเนื้อไก่พื้นเมืองเปรียบเทียบกับไก่กระทงแสดงดัง Figure 8 โดยค่าความสว่างของเนื้อที่ระดับอายุที่เท่ากันมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ไก่กระทงจะมีค่า a* และ b* สูงกว่ากล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ค่าสี a* และ b* ของเนื้อไก่กระทงมีความแตกต่างจากการรายงานของ Fletcher (1999b) และ Qiao และ คณะ (2001) โดยงานวิจัยก่อนนี้ได้ค่า a* สูงกว่าและค่า b* ต่ำกว่าที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากสูตรอาหารมีความแตกต่างกัน เมื่อไก่กระทงมีอายุมากขึ้นเนื้อจะมีสีอ่อนลง โดยมีค่าความสว่าง (L*)สูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)ที่ช่วงอายุ 2-8 สัปดาห์ จาก 8 – 12 สัปดาห์ ค่าความสว่างของเนื้อไก่กระทงมีค่าคงที่ (P>0.01) สำหรับค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลืองมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่ออายุไก่เพิ่มสูงขึ้น (P<0.01) ซึ่งค่าสีแดงที่รายงานไม่สอดคล้องกับการรายงานถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณเม็ดสี myoglobin ในเนื้อสัตว์ที่มีอายุมากขึ้น อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทดสอบปริมาณ myoglobin จึงไม่สามารถยืนยันได้ถึงปริมาณ myoglobin ที่มีผลต่อค่าสีของเนื้อไก่กระทงและไก่พื้นเมือง

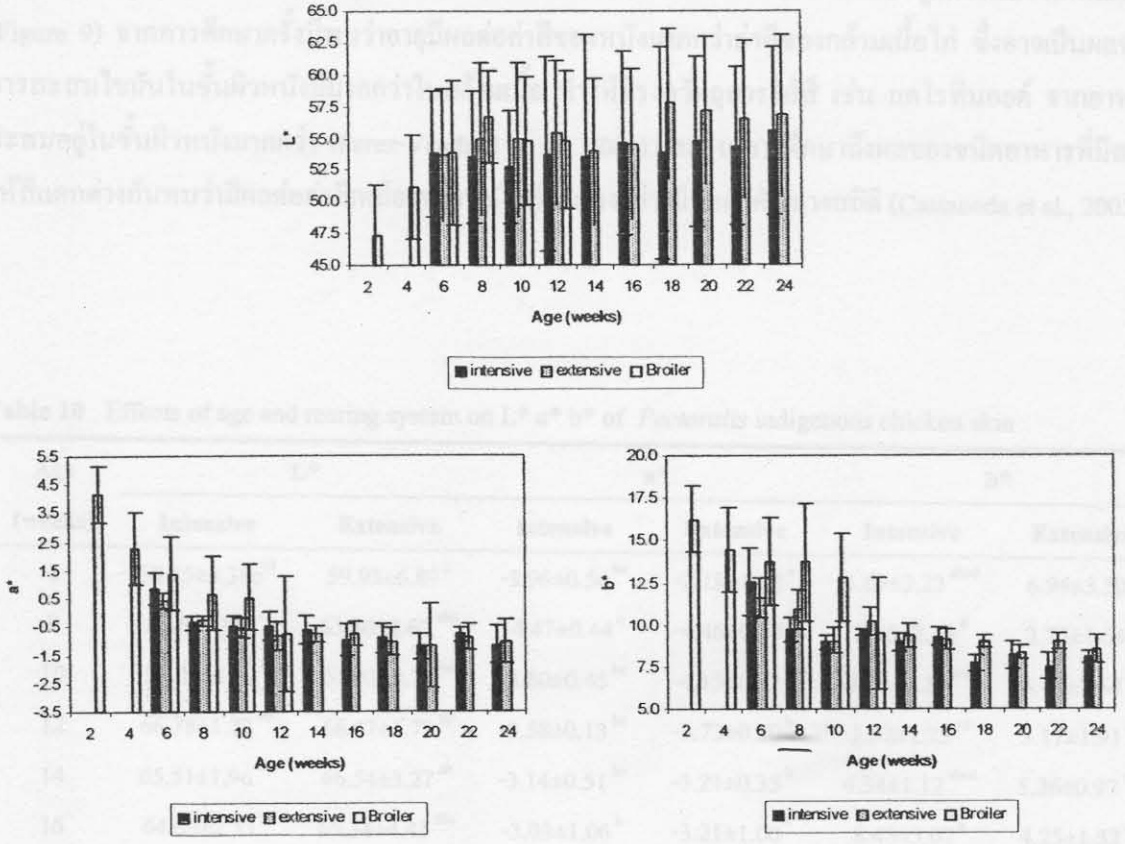


Figure 8 Color profile (L*, a*, b*) of *pectoralis* muscles at differing ages of broiler and Thai indigenous chicken reared under intensive and extensive systems

ค่าสีของหนัง

สำหรับสีของหนังจากกล้ามเนื้อออกได้แสดงไว้ใน Table 10 ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าเมื่ออายุเพิ่มขึ้น ค่า L* ของหนังส่วนอกของไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงแบบประณีตและไม่ประณีตมีค่า L* เพิ่มขึ้น ($P<0.05$ และ $P<0.01$ ตามลำดับ) โดยมีค่าสูงสุดเมื่อไก่มีอายุ 20 สัปดาห์ สำหรับค่า a* ของหนังไก่จากทั้งสองระบบ พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) เมื่อไก่มีอายุมากขึ้น โดยกล้ามเนื้อส่วนนี้มีค่า a* สูงสุด เมื่อไก่มีอายุ 18 สัปดาห์ ในส่วนค่า b* พบว่า หนังไก่ที่เลี้ยงทั้งสองระบบมีค่า b* เพิ่มขึ้น เมื่อไก่มีอายุมากขึ้น ($P<0.05$) โดยที่อายุ 16 สัปดาห์ สำหรับการเลี้ยงแบบประณีต และ 18 สัปดาห์ สำหรับการเลี้ยงแบบไม่ประณีต มีผลให้ค่า b* ของหนังเริ่มมีค่าคงที่ สำหรับค่าสีของหนังส่วนอกของเนื้อไก่กระทงมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกันกับค่าสีในเนื้อ

คงที่ สำหรับค่าสีของหนังส่วนอกของเนื้อไก่กระทงมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกันกับค่าสีในเนื้อ (ดังแสดงผลใน Table 2 ภาคผนวก ก)โดยหนังของไก่กระทงจะมีค่าสีแดงและสีเหลืองสูงกว่าหนังไก่พื้นเมือง (Figure 9) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าอายุมีผลต่อค่าสีของหนังมากกว่าค่าสีของกล้ามเนื้อไก่ ซึ่งอาจเป็นผลจากการสะสมไขมันในชั้นผิวหนังมีมากกว่าในกล้ามเนื้อ ทำให้มีรงควัตถุสารให้สี เช่น แคโรทีนอยด์ จากอาหารสะสมอยู่ในชั้นผิวหนังมากกว่า (Perez-Vendrell et al., 2001) และจากการศึกษาถึงผลของชนิดอาหารที่มีสารให้สีแตกต่างกันพบว่ามีผลต่อค่าสีเหลืองของหนังไก่กระทงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Castaneda et al., 2005)

Table 10 Effects of age and rearing system on L* a* b* of *Pectoralis* indigenous chicken skin

Age	L*		a*		b*	
(weeks)	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive
6	60.75±3.38c^{cd}	59.93±6.89^{c}	-3.96±0.54^{bc}	-2.18±1.02^{a}	5.89±2.23^{abcd}	6.94±3.50^{a}
8	63.98±2.01^{c}	63.80±2.67^{abc}	-4.47±0.44^{c}	-4.46±0.84^{b}	2.55±2.19^{d}	2.75±1.64^{d}
10	59.02±1.99^{d}	61.03±2.70^{bc}	-3.80±0.45^{bc}	-4.15±0.32^{b}	4.26±4.33^{bcd}	3.47±2.64^{cd}
12	66.78±1.27^{ab}	66.47±1.72^{ab}	-3.58±0.13^{bc}	-3.73±0.50^{b}	3.52±1.23^{cd}	3.17±1.91^{cd}
14	65.51±1.96^{ab}	66.54±3.27^{ab}	-3.14±0.51^{bc}	-3.21±0.35^{b}	4.34±1.12^{abcd}	5.26±0.97^{abc}
16	64.65±2.33^{b}	65.34±4.43^{abc}	-3.03±1.06^{b}	-3.21±1.00^{b}	8.43±3.02^{a}	4.25±1.52^{cd}
18	65.86±3.55^{ab}	65.08±1.39^{abc}	-2.46±0.65^{a}	-2.34±0.59^{a}	7.65±2.54^{ab}	6.55±2.48^{ab}
20	69.05±1.32^{a}	68.64±0.63^{a}	-2.97±0.64^{b}	-3.23±0.32^{b}	6.14±1.51^{abcd}	4.82±0.83^{bcd}
22	66.71±1.44^{ab}	65.53±1.54^{abc}	-2.91±0.43^{b}	-3.26±0.35^{b}	7.00±1.56^{abc}	5.31±0.28^{bcd}
24	67.15±1.97^{ab}	66.45±4.51^{ab}	-2.70±0.51^{b}	-3.10±0.68^{b}	6.47±2.31^{abcd}	5.99±0.53^{abc}
Sex	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Age	**	*	**	**	*	*
System	ns		ns		ns	
Age * System	ns		*		ns	

Mean±sd., n = 10 (5 birds x 2 determinations)

$^{a-d}$ Means within column with differing superscripts are significantly different (P<0.05); * = P<0.05; ** = P<0.01; ns= no significant difference (P>0.05); Sex = block

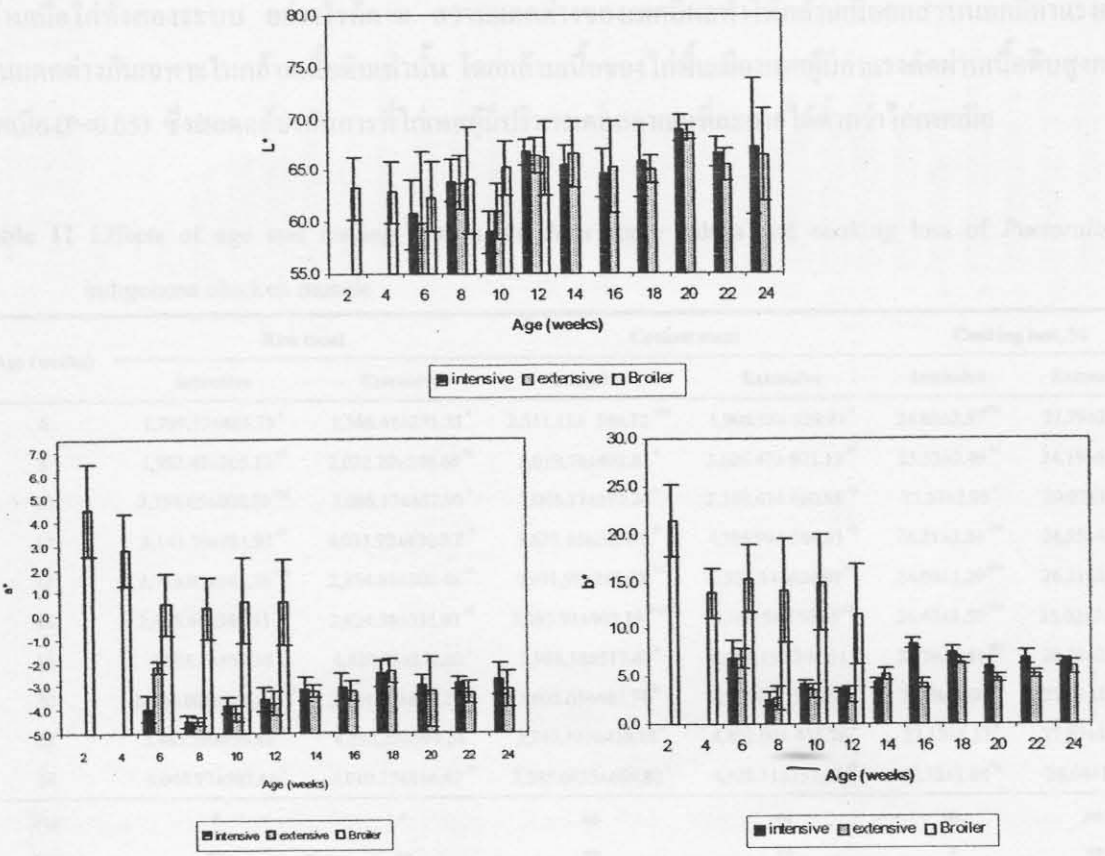


Figure 9 Color profile (L*, a*, b*) of *pectoralis* muscle skins at differing ages of broiler and Thai indigenous chicken reared under intensive and extensive systems

แรงตัดผ่านเนื้อ (แรงเฉือน)

เมื่อพิจารณาถึงค่าแรงตัดผ่านของทั้งกล้ามเนื้อดิบและสุก พบว่าเมื่อไก่มีอายุมากขึ้นแรงตัดผ่านของกล้ามเนื้อไก่ที่เลี้ยงภายใต้ระบบการเลี้ยงแบบประณีตและไม่ประณีตมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$ และ $P<0.01$ ตามลำดับ) ดังแสดงใน Table 11 ทั้งนี้โดยพบว่ากล้ามเนื้ออกส่วนนอกทั้งดิบและสุกของไก่ที่อายุ 18 สัปดาห์ มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงที่สุด และมีค่าคงที่ในช่วงอายุ 20 –24 สัปดาห์ ($P>0.05$) ซึ่งอาจจะเกี่ยวเนื่องกับปริมาณโปรตีนมีค่าเพิ่มสูงขึ้นในช่วงอายุไก่ที่ 18 – 20 สัปดาห์ แล้วเริ่มมีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อไก่มีอายุเพิ่มขึ้น และการลดลงของปริมาณไมโอไฟปริลาร์โปรตีนโดยเพิ่มสัดส่วนของโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในช่วงอายุตั้งแต่ 16 สัปดาห์ขึ้นไปเป็นผลให้ความนุ่มเนื้อลดลงค่าแรงตัดผ่านเนื้อจึงเพิ่มสูงขึ้นในช่วงอายุดังกล่าว นอกจากนี้ความแตกต่างของระบบการเลี้ยงมีผลทำให้กล้ามเนื้อไก่ทั้งดิบและสุกมีค่าแรงตัดผ่านแตกต่างกัน ($P<0.01$) โดยกล้ามเนื้ออกส่วนนอกทั้งดิบและสุกของไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงแบบไม่ประณีตมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อที่สูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนเดียวกันของไก่พื้นเมืองที่การเลี้ยงแบบประณีต

(P<0.05 และ P<0.01 ตามลำดับ) ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากความแตกต่างของปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ในกล้ามเนื้อไก่ทั้งสองระบบ อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของเพศมีผลทำให้กล้ามเนื้อออกส่วนนอกมีค่าแรงตัดผ่านแตกต่างกันเฉพาะในกล้ามเนื้ออกเท่านั้น โดยกล้ามเนื้อของไก่พื้นเมืองเพศผู้มีค่าแรงตัดผ่านเนื้ออกสูงกว่าเพศเมีย (P<0.05) ซึ่งสอดคล้องกับการที่ไก่เพศผู้มีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ต่ำกว่าไก่เพศเมีย

Table 11 Effects of age and rearing system on shear force values and cooking loss of *Pectoralis* indigenous chicken muscle

Age (weeks)	Raw meat		Cooked meat		Cooking loss, %	
	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive
6	1,797.33±463.73^{d}	1,566.41±271.73^{e}	2,511.11± 544.12^{abc}	1,906.98± 329.97^{d}	24.68±2.57^{abc}	22.79±2.53^{d}
8	1,982.47±205.13^{cd}	2,032.20±240.69^{de}	2,019.76±492.81^{e}	3,026.47± 971.12^{cd}	23.33±2.49^{bc}	24.19±6.27^{cd}
10	2,734.65±808.39^{bcd}	3,086.17±457.90^{c}	2,045.17±192.24^{e}	2,368.61± 660.86^{cd}	23.57±2.93^{c}	20.02±1.50^{d}
12	3,143.10±781.93^{ab}	4,033.92±430.02^{ab}	3,639.46±202.50^{ab}	4,386.99± 264.61^{ab}	26.21±3.34^{abc}	24.55±4.90^{cd}
14	2,718.05±142.78^{bcd}	2,854.63±300.48^{cd}	2,991.99±266.25^{bc}	2,938.14±624.97^{cd}	24.04±1.29^{abc}	26.21±2.07^{bc}
16	2,425.64±386.11^{bcd}	2,624.56±551.91^{cd}	2,295.91±402.19^{abcd}	2,569.5± 756.35^{cd}	26.47±1.50^{abc}	25.02±2.37^{abc}
18	4,035.7±555.50^{a}	4,433.91±271.07^{a}	3,988.38±517.63^{a}	4,698.19± 241.51^{a}	24.74±1.41^{abc}	26.73±2.91^{ab}
20	3,088.805±905.81^{abc}	3,231.12±817.25^{bc}	2,605.03±467.77^{bc}	3,312.81± 532.59^{bc}	26.79±1.08^{bc}	27.21±1.72^{ab}
22	3,465.58±856.88^{ab}	4,232.29±594.24^{a}	3,247.517±410.88^{a}	4,892.09± 411.76^{a}	27.12±1.17^{a}	27.87±1.91^{ab}
24	4,044.97±503.64^{a}	4,010.27±816.67^{ab}	3,545.6625±669.83^{a}	4,328.11±737.45^{ab}	26.53±1.04^{bc}	28.64±1.33^{a}
Sex	*	*	ns	ns	ns	ns
Age	**	**	**	**	*	**
System	*		**		ns	
Age * System	ns		Ns		*	

Mean±sd., n = 10 (5 birds x 2 determinations)

$^{a-d}$Means within column with differing superscripts are significantly different (P<0.05); * = P<0.05; ** = (P<0.05); ns= non significant difference (P>0.05); Sex = block

เมื่อพิจารณาค่าแรงตัดผ่านเนื้อของเนื้อไก่กระทงเปรียบเทียบกับไก่พื้นเมืองที่ระดับอายุต่างๆ ดังแสดงใน Figure 10 พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุไก่มากขึ้น โดยที่ระยะอายุ 4-6 สัปดาห์มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) หลังจากนั้นค่าจะสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับอายุ 8 สัปดาห์ (P<0.05) แต่ที่อายุมากกว่า 8 สัปดาห์พบว่าค่าแรงตัดผ่านเนื้อเพิ่มสูงขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เมื่อนำเนื้อมาทำให้สุกพบว่าช่วงอายุที่ 2-6 สัปดาห์มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงกว่าเนื้อดิบและช่วงอายุดังกล่าวไม่มีความแตกต่างของค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (P>0.05) เมื่อไก่มีอายุมากขึ้นช่วง 8-12 สัปดาห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อจะสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับช่วงอายุแรกและมีค่าต่ำกว่าเนื้อดิบ เมื่อเทียบกับไก่พื้นเมืองค่าแรงตัดผ่านเนื้อทั้งในรูปเนื้อดิบและสุกมีค่าสูงกว่าเนื้อไก่กระทงในทุกช่วงอายุทั้งนี้เป็นผลมาจากความแตกต่างของปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในด้านปริมาณโปรตีน องค์ประกอบของโปรตีนกล้ามเนื้อ ปริมาณคอลลาเจนและคอลลาเจนที่ละลายได้ระหว่างไก่ทั้งสองสายพันธุ์

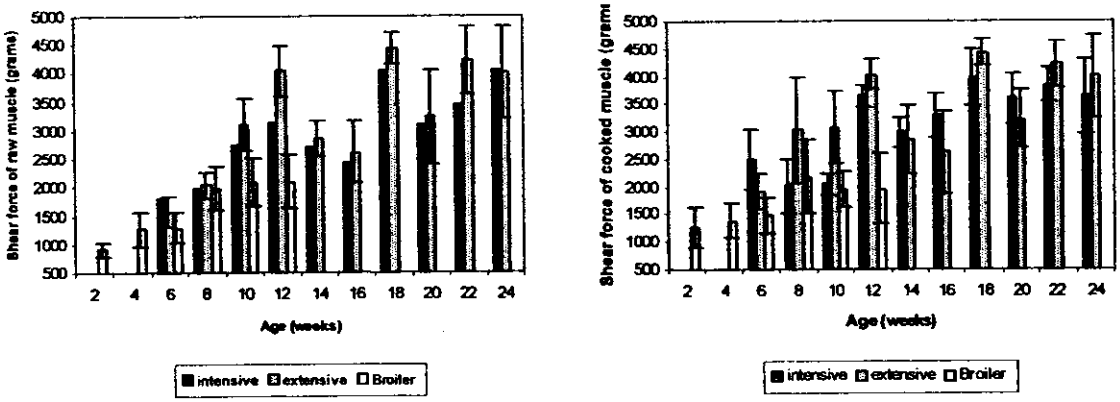


Figure 10 Shear force values of raw and cooked *pectoralis* muscles at differing ages of broiler and Thai indigenous chicken reared under intensive and extensive systems

Dawson และคณะ (1991) อธิบายว่า ค่าแรงตัดผ่านของกล้ามเนื้อที่สูงขึ้นตามอายุของไก่ที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นผลมาจากปริมาณคอลลาเจนที่เพิ่มขึ้นตามอายุของไก่ ซึ่งทำให้ปริมาณของ cross-link คอลลาเจน เพิ่มขึ้น ขณะที่การละลาย (solubility) ของคอลลาเจนลดลง (Lawire, 1991; Warriss, 2000; Pearson and Young, 1989) นอกจากนี้ความหนาของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นเพอริไมเซียมที่เพิ่มขึ้นเมื่อสัตว์มีอายุเพิ่มขึ้นก็มีผล ทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงขึ้น (Liu et al., 1996; Wattanachant et al., 2005) นอกจากนี้ Dransfield (1994) ยังได้สรุปว่า สายพันธุ์ เพศ อายุ และอาหาร เป็นปัจจัยก่อนฆ่าประการหนึ่งที่มีผลต่อความนุ่มเหนียวของเนื้อสัตว์ด้วย

Cooking loss

สำหรับผลการวิเคราะห์ค่า cooking loss ของกล้ามเนื้ออกส่วนนอกได้แสดงไว้ใน Table 11 จากการวิเคราะห์พบว่า เมื่อไก่พื้นเมืองมีอายุเพิ่มขึ้น กล้ามเนื้ออกส่วนนอกของไก่ที่เลี้ยงทั้งในระบบประณีตและไม่ประณีตมีเปอร์เซ็นต์ cooking loss เพิ่มขึ้น ($P<0.05$ และ $P<0.01$ ตามลำดับ) แต่ความแตกต่างของระบบการเลี้ยงไม่มีผลทำให้กล้ามเนื้อมีเปอร์เซ็นต์ cooking loss แตกต่างกัน ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม อายุและระบบการเลี้ยงมีอิทธิพลร่วมต่อค่า cooking loss ของกล้ามเนื้อไก่ ($P<0.05$) โดยมีค่า cooking loss เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 22 – 28% จากรายงานของ Honikel and Hamm (1994) สรุปว่า กล้ามเนื้อไก่มีค่า cooking loss อยู่ในช่วง 25 – 35% ขณะที่ Wattanachant และคณะ (2004) รายงานว่า กล้ามเนื้ออกส่วนนอกของไก่พื้นเมืองมีค่า cooking loss เท่ากับ 28.54% แสดงให้เห็นว่า ค่า cooking loss ของกล้ามเนื้อไก่ที่เลี้ยงทั้งสองระบบมีค่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ทั้งนี้ความแตกต่างของค่าที่ได้อาจจะเกิดจากขนาดของชิ้นเนื้อ และวิธีการให้ความร้อนในการวิเคราะห์ที่

แตกต่างกัน รวมทั้งยังอาจจะเกิดจากการจัดการชิ้นเนื้อ และเทคนิคในการตรวจวัดที่แตกต่างกัน (Honikel and Hamm, 1994) การที่อายุและระบบการเลี้ยงมีผลต่อค่า cooking loss ในเนื้อไก่ อาจมีความสัมพันธ์กับปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้มีปริมาณแตกต่างกันตามอายุและระบบการเลี้ยง Wattanachant และคณะ (2004) กล่าวว่ากล้ามเนื้อที่มีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ต่ำกว่า จะมีความแข็งแรงและเกิดการหดตัวบีบรัดโปรตีนไมโอไฟปริลที่เสียสภาพในขณะให้ความร้อน จึงทำให้โปรตีนกล้ามเนื้อเกิดการเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ และน้ำถูกบีบออกมามากกว่ากล้ามเนื้อที่มีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้สูงกว่า ซึ่งปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้จะลดลงตามอายุของไก่จึงมีผลให้ค่า cooking loss ในกล้ามเนื้อสูงขึ้นตามอายุ

การเปรียบเทียบค่า cooking loss ของกล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองกับเนื้อไก่กระทงที่ช่วงอายุต่างๆ แสดงใน Figure 11 สำหรับค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำเมื่อทำให้สุกของเนื้อ พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ช่วงอายุ 6-10 สัปดาห์ ($P<0.01$) ที่ระดับอายุ 4 สัปดาห์ซึ่งเป็นช่วงอายุที่เหมาะต่อการบริโภคมีค่าการสูญเสียน้ำต่ำที่ 20.9% ซึ่งไม่แตกต่างกับกล้ามเนื้อไก่กระทงที่อายุ 2 สัปดาห์ ($P>0.01$) ส่วนที่ช่วงอายุเท่ากับไก่พื้นเมืองค่า cooking loss ของไก่ทั้งสองสายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน สำหรับค่า cooking loss ของกล้ามเนื้อไก่กระทงที่ได้จากการศึกษานี้มีค่าสูงกว่าที่รายงานโดย Wattanachant และ คณะ (2004) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $19.93 \pm 2.38\%$ สำหรับกล้ามเนื้ออกไก่กระทงที่อายุ 5 สัปดาห์

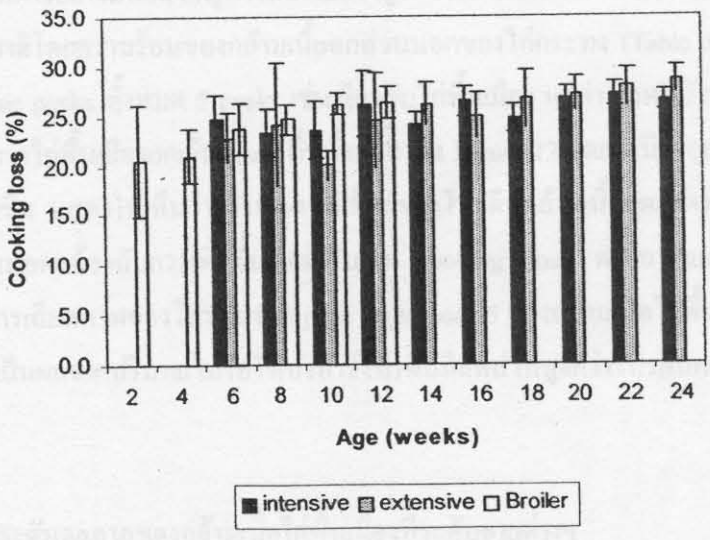


Figure 11 Cooking loss of *pectoralis* muscles at differing ages of broiler and Thai indigenous chicken reared under intensive and extensive systems

คุณสมบัติการสูญเสียสภาพธรรมชาติโดยความร้อน

ผลการศึกษาการสูญเสียสภาพธรรมชาติโดยความร้อนของกล้ามเนื้อออกส่วนนอกของไก่พื้นเมืองที่ระดับอายุต่างๆจากระบบการเลี้ยงทั้งสองแบบได้แสดงไว้ใน Table 12 ผลการศึกษาที่ได้พบว่าทุกช่วงอายุไก่พื้นเมืองมี endothermic peaks ทั้งหมด 5 peaks ที่อุณหภูมิสูงสุดของการเสียสภาพ(T_{peak})ในช่วง 55.3-58.4°C , 60.9-62.6°C, 65.6-67.5°C, 71.2-72.0°C, และ 77.6-79.5°C ตามลำดับ ซึ่งจำนวน peak ที่ได้จาก thermogram จะสัมพันธ์กับการเสียสภาพของโปรตีนกล้ามเนื้อในช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกัน จากการศึกษาของ Kijowski และ Mast (1988) ในเนื้ออกไก่ของไก่กระทงพบอุณหภูมิในการเสียสภาพจำนวน 5 endothermic peaks ที่อุณหภูมิ 57, 62, 67, 72 และ 78°C ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาครั้งนี้ โดยในช่วงอุณหภูมิของ peaks ดังกล่าวเกิดจากการเสียสภาพของโปรตีนไมโอซิน (peak 1) โปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (peak 2) ซาร์โคพลาสมิกโปรตีน (peak 3, 4) และโปรตีนแอกติน (peak 5) (Kijowski and Mast, 1988; Bircan and Barringer, 2002) แต่ผลที่ได้แตกต่างจากการศึกษาของ Wattanachant และ คณะ (2005) ในไก่พื้นเมืองไทยโดยพบเพียง endothermic peaks ที่ 1, 2 และ 5 เท่านั้น ซึ่งความแตกต่างของจำนวน peak ที่ได้มีผลมาจากแหล่งของวัตถุดิบ อายุ และ ระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อ (Xiong and Brekke, 1989; Murphy et al., 1998) เมื่อพิจารณาผลของระบบการเลี้ยงและเพศของไก่พบว่าไม่มีผลต่อค่าอุณหภูมิและพลังงานในการเสียสภาพของกล้ามเนื้อเนื่องจากความร้อน (P>0.05) แต่สำหรับอุณหภูมิในการเสียสภาพของกล้ามเนื้อ T_{onset} และ T_{peak} ของ peak ที่หนึ่งและ peak ที่ห้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่ออายุของไก่เพิ่มขึ้น (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับการสูญเสียสภาพธรรมชาติโดยความร้อนของกล้ามเนื้ออกส่วนนอกของไก่กระทง (Table 3 ภาคผนวก ก) พบว่ามีจำนวน endothermic peaks ทั้งหมด 5 peaks เช่นเดียวกับไก่พื้นเมือง แต่ค่าอุณหภูมิในการเสียสภาพที่ระดับอายุเดียวกันมีค่าสูงกว่าไก่พื้นเมืองยกเว้น peak ที่หนึ่งแสดงดัง Figure 12 โดยจะมีค่าอุณหภูมิในการเสียสภาพลดลงเมื่ออายุไก่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการทนความร้อนของโปรตีนกล้ามเนื้อลดลงตามอายุโดยเฉพาะไมโอ-ไฟปริลาร์โปรตีนซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณ cooking loss ตามอายุของไก่ ปริมาณพลังงาน (enthalpy) ที่ใช้ในการเสียสภาพของโปรตีนของ peak 1และ peak 5 ของกล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองและไก่กระทงสูงกว่า peak อื่นๆ อาจเป็นผลจากปริมาณไมโอไฟปริลาร์โปรตีนมีสัดส่วนสูงกว่าโปรตีนกล้ามเนื้อชนิดอื่นๆ

โครงสร้างระดับจุลภาคของกล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองที่ระดับอายุต่างๆ

ผลการศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของไก่พื้นเมือง (Table 13) พบว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้ออก และความหนาของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นเพอริไมเซียม เพิ่มขึ้นเมื่อไก่มีอายุมากขึ้น (P<0.01) สำหรับความยาวซาร์โคเมียร์จะเพิ่มขึ้นตามอายุจนถึง 16 สัปดาห์ แต่หลังจากนั้นค่าจะมีแนวโน้มขึ้นลงอยู่ในช่วง 1.53 –1.68 ไมโครเมตร เมื่อพิจารณาถึงระบบการเลี้ยง พบว่าความแตกต่างของระบบการเลี้ยงไม่มีผลทำให้กล้ามเนื้อของ ไก่พื้นเมืองมีขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อและความยาวซาร์โครเมียร์แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่มีผล

Table 12 Effects of age and rearing systems on Transformation temperature and denaturation enthalpy of *Pectoralis* indigenous chicken muscle

DSC	System	Age (weeks)										Level of significant			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	Sex	Age	System	Age*System
Peak 1															
$-T_{onset}$(°C)	Intensive	52.5±0.57^{ab}	53.25±0.62^{a}	52.57±0.68^{ab}	52.32±0.76^{abc}	52.25±0.87^{abc}	51.1±1.23^{c}	51.35±0.93^{bc}	51.57±0.78^{bc}	52.55±0.33^{ab}	51.35±1.03^{bc}	ns	*	ns	ns
	Extensive	52.02±1.04^{bc}	53.52±0.15^{a}	52.05±0.51^{bc}	52.65±0.67^{ab}	51.65±0.44^{bc}	50.6±0.61^{d}	51.75±0.52^{bc}	50.57±0.66^{d}	51.77±0.56^{bc}	51.47±1.04^{cd}	ns	*		
$-T_{peak}$(°C)	Intensive	57.47±0.59^{a}	57.82±0.68^{a}	57.57±0.55^{a}	57.00±0.71^{a}	56.87±1.01^{ab}	56.40±0.50^{ab}	56.57±0.93^{ab}	56.57±0.64^{ab}	56.25±0.11^{b}	56.12±0.26^{b}	ns	*	ns	ns
	Extensive	57.32±0.37^{bc}	58.4±0.67^{a}	56.77±0.51^{bcd}	57.5±0.94^{ab}	56.3±0.45^{cde}	55.7±0.67^{de}	56.5±0.57^{bcd}	55.32±0.62^{e}	56.07±0.98^{cde}	56.70±0.23^{bcd}	ns	*		
-Enthalpy,	Intensive	0.18±0.09^{c}	0.16±0.23^{d}	0.28±0.05^{ab}	0.26±0.08^{abc}	0.26±0.16^{bc}	0.30±0.09^{a}	0.35±0.08^{a}	0.25±0.09^{bc}	0.24±0.05^{bc}	0.29±0.08^{ab}	ns	*	ns	ns
J/g	Extensive	0.19±0.15	0.30±0.21	0.18±0.07	0.19±0.19	0.28±0.06	0.23±0.11	0.22±0.14	0.30±0.09	0.28±0.12	0.28±0.17	ns	ns		
Peck 2															
$-T_{onset}$,°C	Intensive	59.95±0.58	60.05±0.40	60.17±0.79	60.3±0.79	58.27±2.25	59.6±0.54	59.82±0.69	59.45±0.92	59.85±0.62	59.55±0.54	ns	ns	ns	ns
	Extensive	59.7±0.95	60.35±0.85	59.82±1.09	59.77±0.37	59.32±0.46	59.05±0.25	59.47±0.67	59.65±0.70	60.15±0.44	59.52±0.38	ns	ns		
$-T_{peak}$,°C	Intensive	61.92±0.45	61.92±1.26	61.6±0.34	61.9±0.90	61.5±1.14	61.2±0.47	62.12±1.28	62.17±2.02	62.17±0.51	61.25±0.54	ns	ns	ns	ns
	Extensive	62.6±0.75	62.0±0.96	61.5±1.36	62.0±0.24	60.97±0.43	62.12±1.26	61.4±0.40	61.67±0.83	62.12±0.40	62.2±1.56	ns	ns		
-Enthalpy,	Intensive	0.06±0.03	0.08±1.03	0.02±0.02	0.03±0.01	0.33±0.61	0.03±0.04	0.14±0.24	0.06±0.06	0.09±0.05	0.06±0.02	ns	ns	ns	ns
J/g	Extensive	0.10±0.03	0.04±0.02	0.18±0.31	0.06±0.04	0.05±0.05	0.26±0.26	0.03±0.01	0.07±0.03	0.16±0.13	0.16±0.20	ns	ns		
Peck 3															
$-T_{onset}$,°C	Intensive	64.92±0.64	66.1±0.32	65.12±0.70	65.0±1.28	63.75±0.96	64.77±1.92	64.12±1.23	63.5±1.0	65.1±0.73	64.57±0.41	ns	ns	ns	ns
	Extensive	63.32±4.31	65.82±1.74	64.15±0.41	65.27±0.91	64.45±0.84	64.92±1.11	63.75±0.85	65.05±0.61	65.0±1.02	64.45±0.30	ns	ns		
$-T_{peak}$,°C	Intensive	66.45±0.31	67.52±0.33	67.27±0.34	66.72±0.57	66.1±0.67	66.55±1.59	66.72±0.88	65.62±1.20	66.72±0.21	66.32±0.46	ns	ns	ns	ns
	Extensive	66.77±0.22	67.05±0.93	66.22±0.21	67.02±0.71	66.72±0.26	66.62±0.05	66.27±1.18	66.4±0.52	66.85±0.71	65.62±0.75	ns	ns		
-Enthalpy,	Intensive	0.03±0.02	0.02±0.01	0.04±0.02	0.04±0.02	0.05±0.01	0.05±0.06	0.05±0.01	0.04±0.04	0.04±0.01	0.04±0.01	ns	ns	ns	ns
J/g	Extensive	0.03±0.01	0.06±0.08	0.04±0.01	0.03±0.02	0.04±0.02	0.02±0.01	0.05±0.02	0.03±0.01	0.02±.01	0.05±0.03	ns	ns		

Data are presented as mean ± standard deviation, n = 10 (5 birds x 2 determinations)

$^{a-f}$Means within row with differing superscripts are significantly different (P<0.05); * = P<0.05; * = (P<0.01) ns= non-significant difference (P>0.05); Sex = block

Table 12 Continued

DSC	System	Age (weeks)										Level of significant			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	Sex	Age	System	Age*System
Peck 4															
$-T_{onset}$, °C	Intensive	70.4±0.37^{b}	71.1±0.29^{a}	70.27±0.29^{bc}	70.40±0.54^{b}	69.80±0.29^{e}	70.07±0.05^{bc}	69.90±0.13^{e}	69.65±0.59^{ed}	68.22±0.53^{d}	67.99±0.46^{d}	ns	**	ns	ns
	Extensive	70.57±0.51^{ab}	70.77±0.59^{a}	69.8±0.28^{e}	70.75±0.38^{a}	70.22±0.46^{abc}	70.05±0.06^{abc}	69.87±0.22^{bc}	69.87±0.25^{bc}	69.20±0.42^{bc}	67.71±0.31^{e}	ns	**		
$-T_{peak}$, °C	Intensive	71.7±0.32	71.87±0.30	72.0±0.53	71.82±0.59	71.2±0.26	71.47±0.15	71.8±0.45	71.62±0.48	72.05±0.91	71.75±0.76	ns	ns	ns	ns
	Extensive	71.55±0.60	71.7±0.91	71.22±0.28	71.97±0.39	71.45±0.13	71.67±0.13	71.67±0.46	71.27±0.31	72.32±0.63	71.5±0.28	ns	ns		
-Enthalpy,	Intensive	0.02±0.01	0.01±0.003	0.02±003	0.02±0.003	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.006	0.01±0.004	0.05±0.05	0.02±0.008	ns	ns	ns	ns
J/g	Extensive	0.011±0.01	0.03±0.02	0.01±0.005	0.01±0.002	0.02±0.01	0.01±0.003	0.02±0.003	0.02±0.004	0.02±0.008	0.01±0.009	ns	ns		
Peck 5															
$-T_{onset}$, °C	Intensive	75.15±0.34^{abc}	75.8±0.58^{a}	75.07±0.34^{abc}	75.02±0.59^{abc}	74.57±0.28^{d}	74.8±0.76^{bc}	74.52±0.36^{d}	74.47±0.57^{d}	74.67±0.74^{ab}	74.62±0.83^{c}	ns	*	ns	ns
	Extensive	75.27±0.43^{a}	75.3±0.37^{a}	74.45±0.24^{e}	75.05±0.47^{ab}	74.6±0.27^{bc}	74.27±0.19^{c}	74.45±0.39^{c}	74.25±0.51^{c}	74.22±0.40^{c}	74.62±0.38^{bc}	ns	**		
$-T_{peak}$, °C	Intensive	78.62±0.30^{b}	79.47±0.53^{a}	78.35±0.24^{bc}	78.42±0.50^{bc}	77.82±0.13^{e}	77.9±0.34^{bc}	77.77±0.41^{e}	77.8±0.71^{e}	78.65±0.67^{b}	77.75±0.58^{e}	ns	**	ns	ns
	Extensive	78.55±0.42^{abc}	78.75±0.21^{a}	78.12±0.29^{abcd}	78.6±0.42^{ab}	77.95±0.26^{bcd}	77.62±0.43^{d}	77.97±0.35^{bcd}	77.9±0.62^{cd}	78.47±0.33^{abc}	78.05±0.49^{bcd}	ns	**		
-Enthalpy,	Intensive	0.20±0.02	0.24±0.04	0.21±0.03	0.22±0.02	0.23±0.06	0.22±0.03	0.22±0.03	0.21±0.07	0.22±0.04	0.22±0.02	ns	ns	**	ns
J/g	Extensive	0.22±0.02	0.26±0.06	0.26±0.04	0.23±0.02	0.27±0.05	0.20±0.01	0.23±0.03	0.27±0.08	0.24±0.03	0.28±0.08	ns	ns		

Data are presented as mean ± standard deviation, n = 10 (5 birds x 2 determinations)

$^{a-f}$Means within row with differing superscripts are significantly different (P<0.05); * = P<0.05; * = (P<0.01) ns= non-significant difference (P>0.05); Sex = block

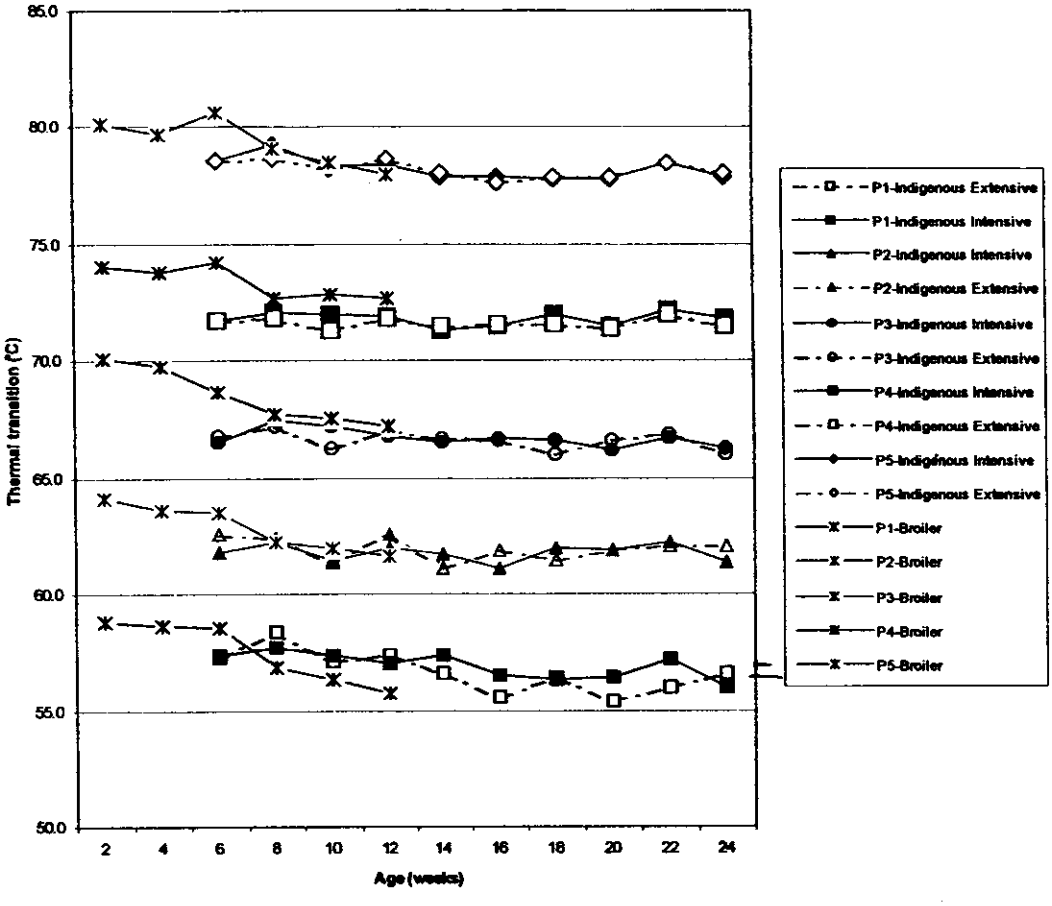


Figure 12 Thermal transition of *pectoralis* muscles at differing ages of broiler and Thai indigenous chicken reared under intensive and extensive systems

ทำให้ความหนาของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นเพอริไมเซียมของกล้ามเนื้อไก่แตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยกล้ามเนื้อของไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงแบบประณีตมีความหนาของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นเพอริไมเซียมน้อยกว่าไก่ที่เลี้ยงแบบไม่ประณีต ($P<0.05$) สำหรับความแตกต่างระหว่างเพศผู้และเพศเมีย จากการศึกษาพบว่าไม่มีผลทำให้กล้ามเนื้ออกส่วนนอกของไก่พื้นเมืองมีเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อแตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่ไก่เพศผู้ที่เลี้ยงทั้งสองระบบมีความยาวซาร์โครเมียร์และความหนาของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นเพอริไมเซียมมากกว่าเพศเมีย ($P<0.01$) จากผลการศึกษาแสดงว่า การเลี้ยงแบบไม่ประณีตโดยปล่อยให้ไก่มีพื้นที่ในการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อเพื่อคุ้ยเขี่ยอาหารตามธรรมชาติในพื้นที่ที่มากกว่า หรือไก่เพศผู้ที่มีการเคลื่อนไหวมากกว่าเพศเมียซึ่งจะมีผลต่อ

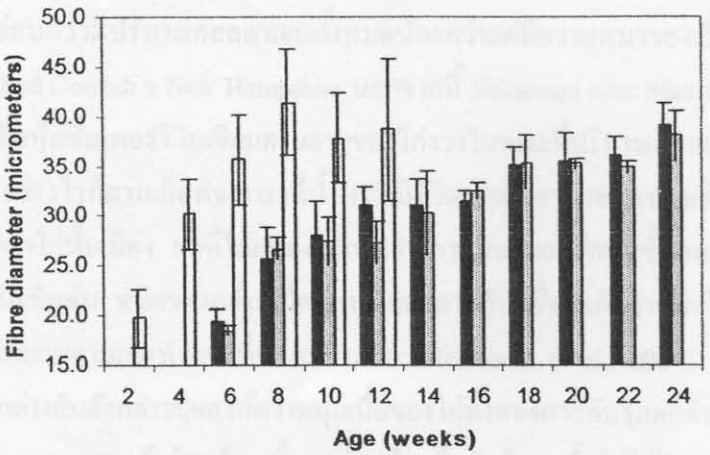
Table 13 Effects of age and rearing system on microstructure of *Pectoralis* indigenous chicken muscle

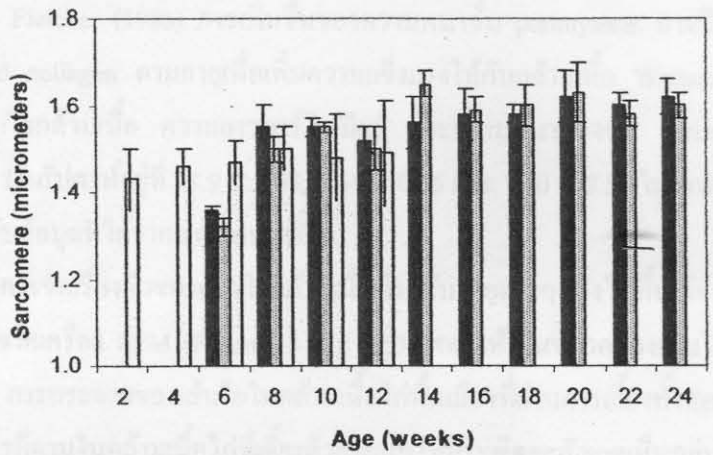
Age (weeks)	Fiber dimeter, μm		Sarcromear, μm		Perimysium, μm	
	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive	Intensive	Extensive
6	19.36±1.31^{e}	18.48±0.56^{f}	1.36±0.01^{d}	1.32±0.02^{e}	6.00±0.02^{e}	6.05±0.01^{f}
8	25.57±3.39^{d}	26.73±1.15^{e}	1.55±0.05^{abc}	1.55±0.03^{bc}	6.30±0.60^{e}	6.10±0.12^{f}
10	27.99±3.58^{cd}	27.49±2.40^{de}	1.55±0.02^{abc}	1.55±0.01^{bc}	8.00±0.06^{d}	8.20±0.06^{e}
12	31.17±1.82^{c}	27.37±2.04^{de}	1.51±0.03^{c}	1.50±0.05^{c}	8.20±0.03^{d}	8.40±0.05^{e}
14	31.16±2.46^{c}	30.22±4.25^{cd}	1.61±0.06^{a}	1.67±0.03^{a}	9.02±0.01^{c}	9.00±0.03^{d}
16	31.55±0.94^{c}	32.50±0.76^{bc}	1.58±0.05^{ab}	1.59±0.03^{b}	9.10±0.05^{c}	9.50±0.04^{c}
18	35.17±1.80^{b}	35.38±2.77^{ab}	1.53±0.02^{bc}	1.55±0.05^{bc}	9.80±0.04^{b}	9.62±0.02^{c}
20	35.45±2.97^{ab}	35.26±0.48^{ab}	1.62±0.06^{a}	1.68±0.07^{a}	10.00±0.05^{ab}	10.20±0.04^{b}
22	36.21±1.78^{ab}	34.90±0.53^{ab}	1.59±0.03^{ab}	1.56±0.03^{bc}	10.10±0.02^{ab}	10.60±0.01^{ab}
24	39.04±2.40^{a}	38.10±2.49^{a}	1.58±0.04^{abc}	1.59±0.03^{b}	11.00±0.02^{a}	11.50±0.02^{a}
Sex	ns	ns	**	**	**	**
Age	**	**	**	**	**	**
System	ns		ns		*	
Age*system	ns		ns		Ns	

Data are presented as mean ± standard deviation. n = 150 (5 birds x 3 video prints x 10 areas)

$^{a,\ldots f}$Means within column with differing superscripts are significantly different (P<0.05);* = P<0.05; ** = (P<0.01); ns= non significant difference (P>0.05); Sex = block .

การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไก่โดยการสร้างเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่หุ้มมัดกล้ามเนื้อชั้น perimysium ที่หนาขึ้น แต่ไม่มีผลเพิ่มขนาดเส้นใยของกล้ามเนื้อ เมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างของกล้ามเนื้อไก่กระทงที่ระดับอายุ 2-12 สัปดาห์ (Figure 13) พบว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ ความยาวซาร์โคเมียร์ และความหนาของเยื่อหุ้มชั้นเพอร์ริไมเซียมมีขนาดเพิ่มขึ้นตามอายุจนถึง 8 สัปดาห์ (P<0.01) และหลังจากนั้นจะมีขนาดไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.01) โดยไก่กระทงมีขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อที่ใหญ่กว่าไก่พื้นเมืองและมีอัตราการเพิ่มขนาดที่สูงกว่าอยู่ในช่วง 19.75 – 41.45 ไมโครเมตร แต่มีขนาดของความยาวซาร์โคเมียร์สั้นกว่าไก่พื้นเมืองโดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.43 – 1.50 ไมโครเมตร และและมีความหนาของเยื่อหุ้มชั้นเพอร์ริไมเซียมมากกว่าเมื่อเทียบที่อายุเท่ากันโดยอยู่ในช่วง 3.50 – 10.08 ไมโครเมตร (Table 4 ภาคผนวก ก) ซึ่งมีผลตรงข้ามกับปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดและคอลลาเจนที่ละลายได้ในไก่ทั้งสองสายพันธุ์ อาจเป็นไปได้ว่า





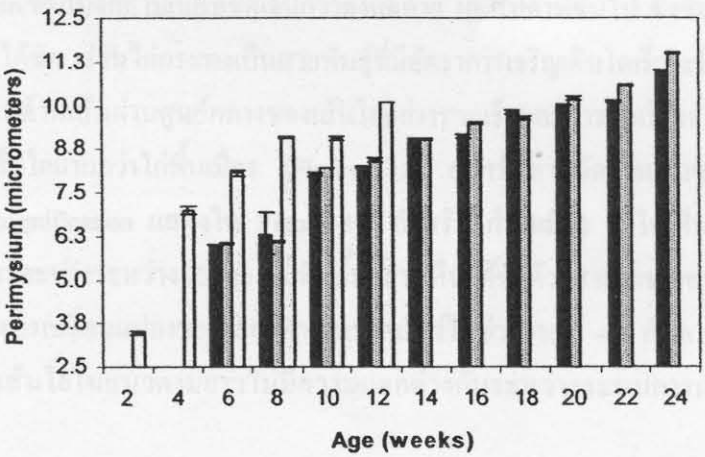


Figure 13 Fiber diameter, sarcomere length and perimysium thickness of *pectoralis* muscles at differing ages of broiler and Thai indigenous chicken reared under intensive and extensive systems

การเพิ่มความหนาของเยื่อหุ้มชั้นเพอร์ริไมเซียมของกล้ามเนื้อไก่กระทงไม่ได้เกี่ยวข้องกับปริมาณและการเกิด crosslinked คอลลาเจน ซึ่งผลการวิจัยที่ได้สอดคล้องกับการรายงานของ Nakamura และ คณะ (2004a) ซึ่งพบว่าไก่กระทงที่อ่อนกว่ามีปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดน้อยกว่าแต่มีความหนาของเยื่อหุ้มชั้นเพอร์ริไมเซียมมากกว่าไก่ลูกผสม Red Cornish x New Hampshire นอกจากนี้ Nakamura และ คณะ (2004b) รายงานว่ามีการเพิ่มความหนาของเยื่อหุ้มชั้นเพอร์ริไมเซียมตามอายุของไก่งวงในขณะที่ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดไม่ได้เพิ่มตามอายุที่มากขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่น้ำหนักมีชีวิตเท่ากันความหนาของเยื่อหุ้มชั้นเพอร์ริไมเซียมของไก่กระทงน้อยกว่าไก่พื้นเมือง ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าความหนาของเยื่อหุ้มชั้นเพอร์ริไมเซียมของกล้ามเนื้อไก่ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยเช่น ชนิดของกล้ามเนื้อ อายุ และสายพันธุ์ซึ่งจะเกิดการจัดเรียงตัวของเส้นใยคอลลาเจนในปริมาณที่เหมาะสมตามการทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อ (Nakamura et al., 2004b) จากลักษณะโครงสร้างของกล้ามเนื้อที่ แตกต่างกันดังกล่าวมีผลให้ความนุ่มเนื้อของไก่ทั้งสองสายพันธุ์แตกต่างกัน

การเพิ่มขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อตามอายุในเนื้อสัตว์และเนื้อไก่ได้ถูกรายงานโดย Lawrie (1991) และ Smith และ Fletcher (1988) การเพิ่มขึ้นของความหนาชั้น perimysium อาจมีผลสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของ cross-linked collagen ตามอายุเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับกล้ามเนื้อ Wattanachant และคณะ (2005) รายงานขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ ความยาวซาร์โคเมียร์ และความหนาของชั้น perimysium ของกล้ามเนื้ออกไก่พื้นเมืองที่อายุ 16 สัปดาห์อยู่ที่ 28.9 ± 5.95, 1.61 ± 0.16 และ 7.10 ± 2.56 ไมโครเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้

ลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อที่ระดับอายุต่างๆของไก่พื้นเมืองและไก่กระทงแสดงโดยภาพตัดขวางที่ได้จากเครื่อง SEM (Figure 14 และ 15) แสดงให้เห็นขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่ขึ้นตามอายุ การกระจายของเส้นใยในกล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองที่ผ่านการเลี้ยงทั้งสองระบบมีลักษณะไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามในกล้ามเนื้อไก่ที่เลี้ยงด้วยระบบไม่ประณีตจะสังเกตุเห็นกลุ่มของมัดกล้ามเนื้อที่มีหนังหุ้มชั้น perimysium จัดแบ่งกล้ามเนื้อที่ชัดเจนกว่าตั้งแต่อายุ 10 สัปดาห์ขึ้นไป ซึ่งชั้นหนังหุ้มก็มีขนาดหนาขึ้นตามอายุอย่างเห็นได้ชัด ส่วนไก่กระทงเป็นสายพันธุ์ที่มีอัตราการเจริญเติบโตเร็วจะมีผลต่อการขยายขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อในด้านเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยอย่างรวดเร็วและการจัดเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีช่องว่างระหว่างเส้นใยมากกว่าไก่พื้นเมือง (Figure 15) สำหรับภาพตัดตามยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อที่กำลังขยาย 10,000x magnification แสดงใน Figure 16 สำหรับไก่พื้นเมือง ทำให้เห็นถึงระดับ ซาร์โคเมียร์ของเส้นใยกล้ามเนื้อ ระยะห่างระหว่าง Z-line จะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดด้วยสายตาจากอายุไก่ 6 –14 สัปดาห์ ส่วนไก่กระทง จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของระยะห่างซาร์โคเมียร์ในช่วงอายุ 2 – 8 สัปดาห์ (Figure 17) สำหรับในเรื่องการจัดเรียงเส้นใยในแนวตามยาวไม่มีความแตกต่างกันระหว่างระบบการเลี้ยงของไก่พื้นเมืองและไก่กระทง

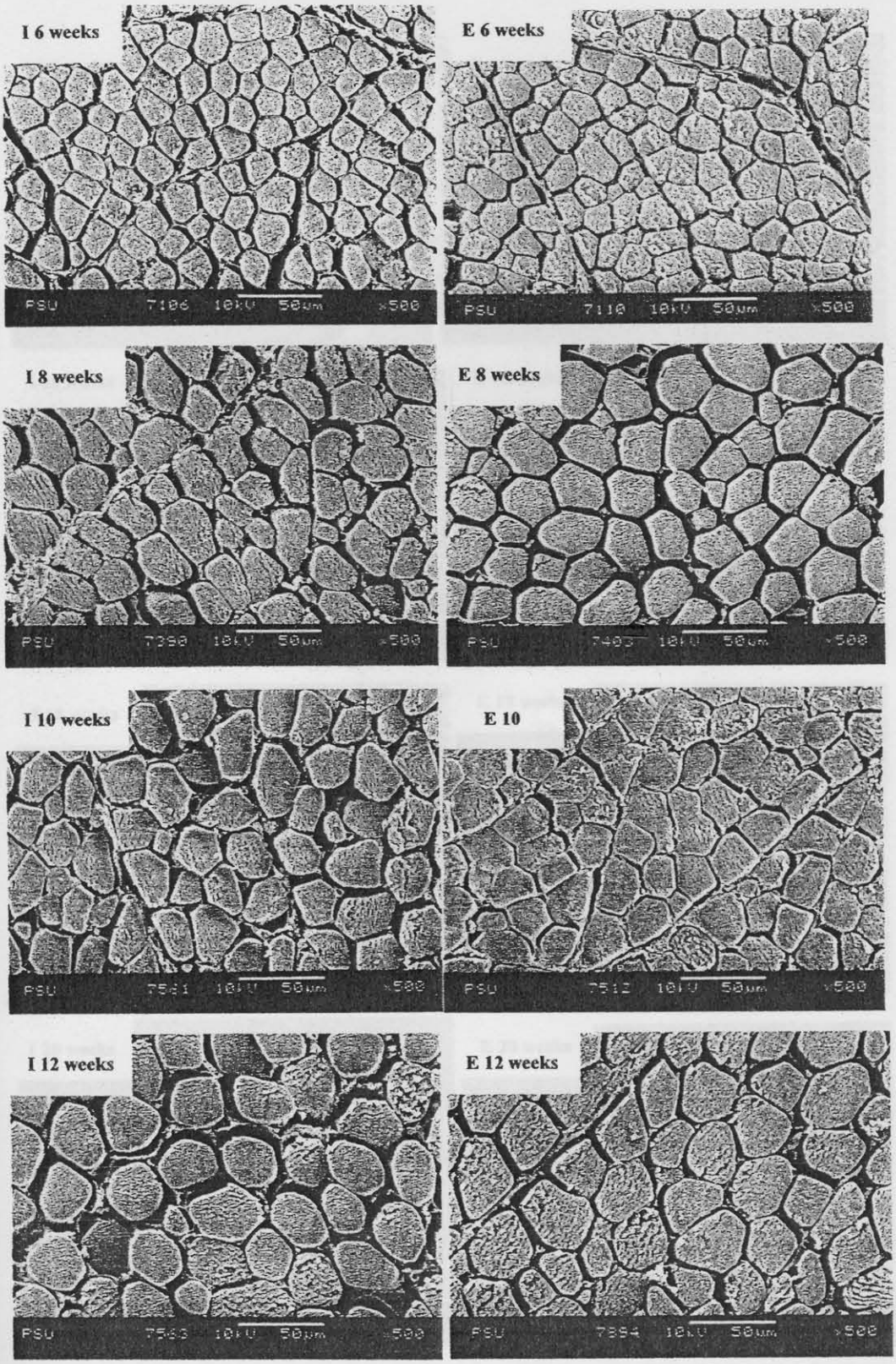


Figure 14 SEM micrographs of transverse sections at differing ages (6, 8, 10, 12, 14 ,16, 18, 20, 22 and 24 weeks) of indigenous chicken *Pectoralis major* muscle reared under intensive (I) and extensive (E) systems

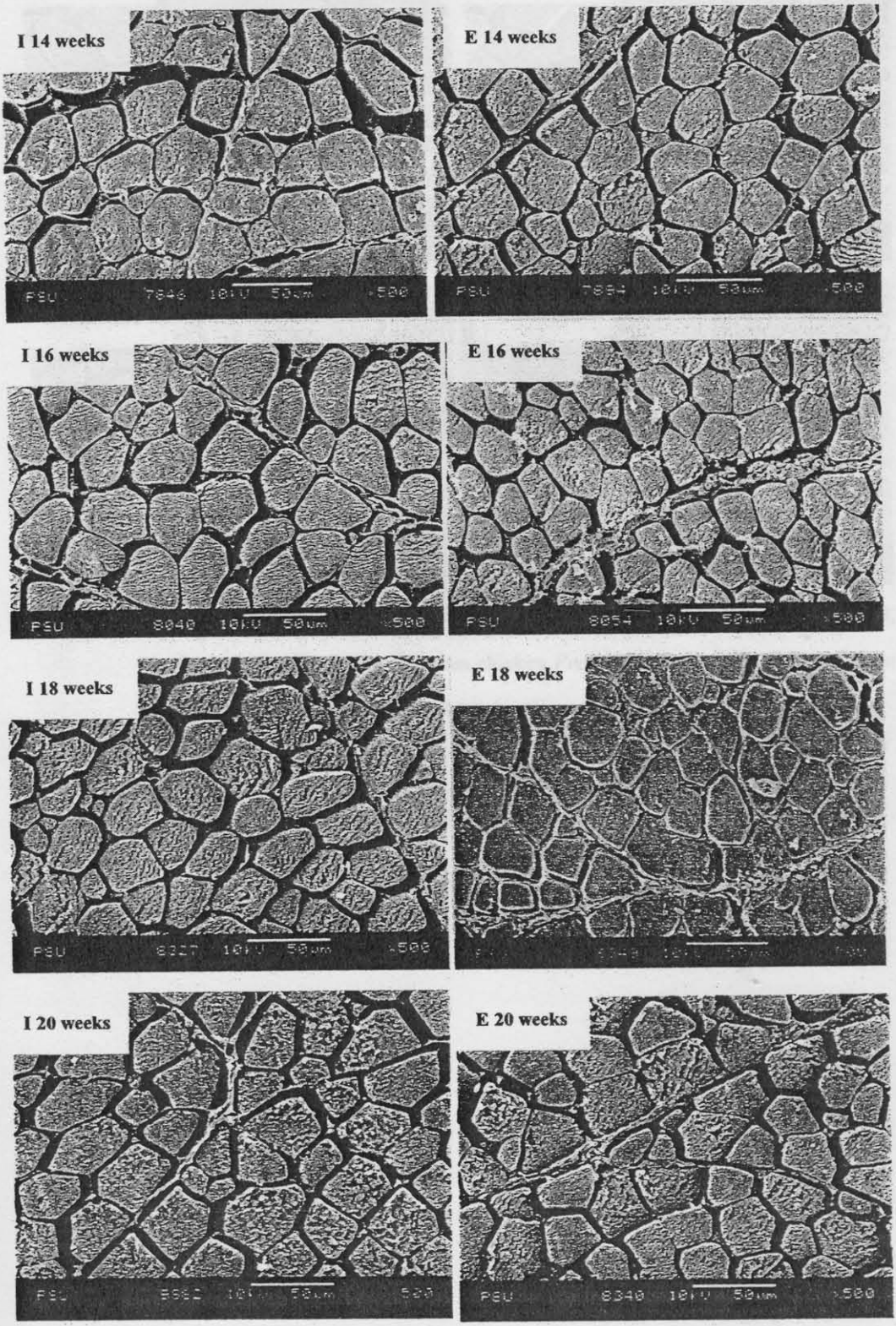


Figure 14 SEM micrographs of transverse sections at differing ages (6, 8, 10, 12, 14 ,16, 18, 20, 22 and 24 weeks) of indigenous chicken *Pectoralis major* muscle reared under intensive (I) and extensive (E) systems (continued)

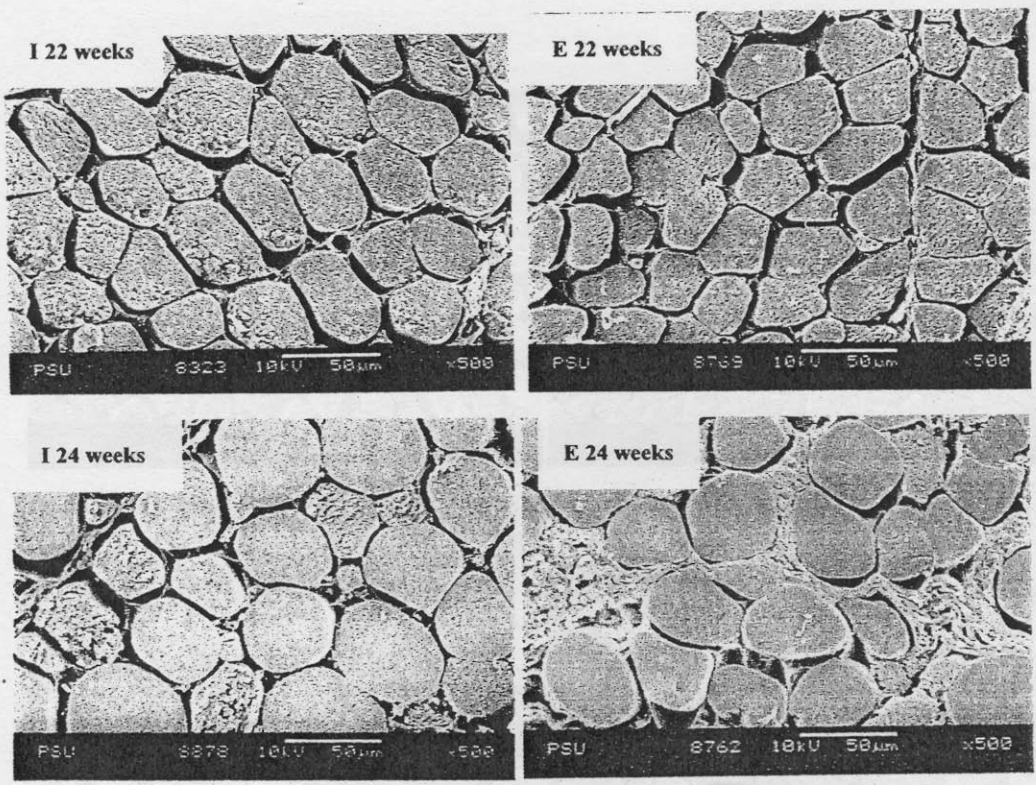


Figure 14 SEM micrographs of transverse sections at differing ages (6, 8, 10, 12, 14 ,16, 18, 20, 22 and 24 weeks) of indigenous chicken *Pectoralis major* muscle reared under intensive (I) and extensive (E) systems (continued)

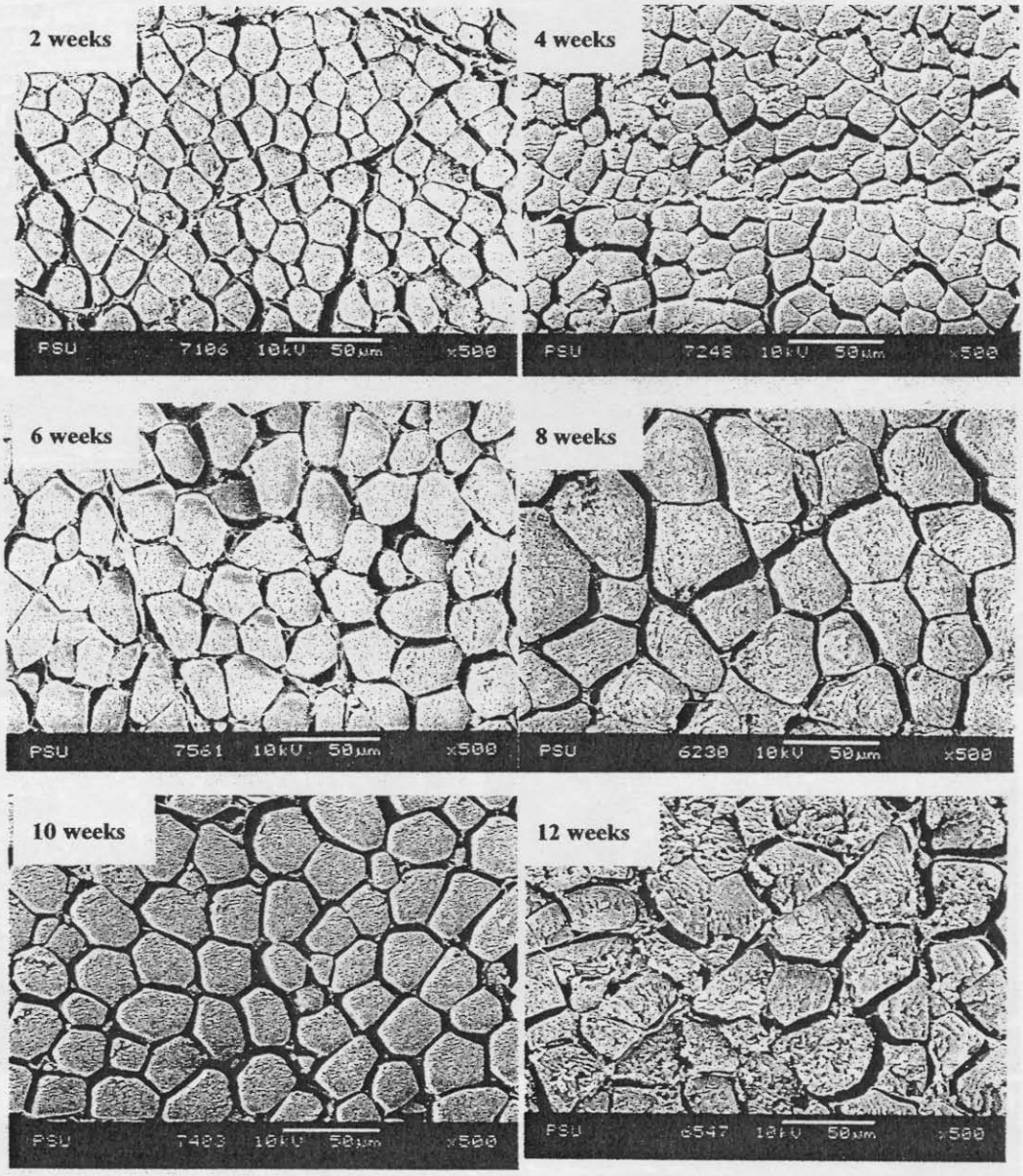


Figure 15 SEM micrographs of transverse sections at differing ages (2, 4, 6, 8, 10 and 12 weeks) of broiler *Pectoralis major* muscle

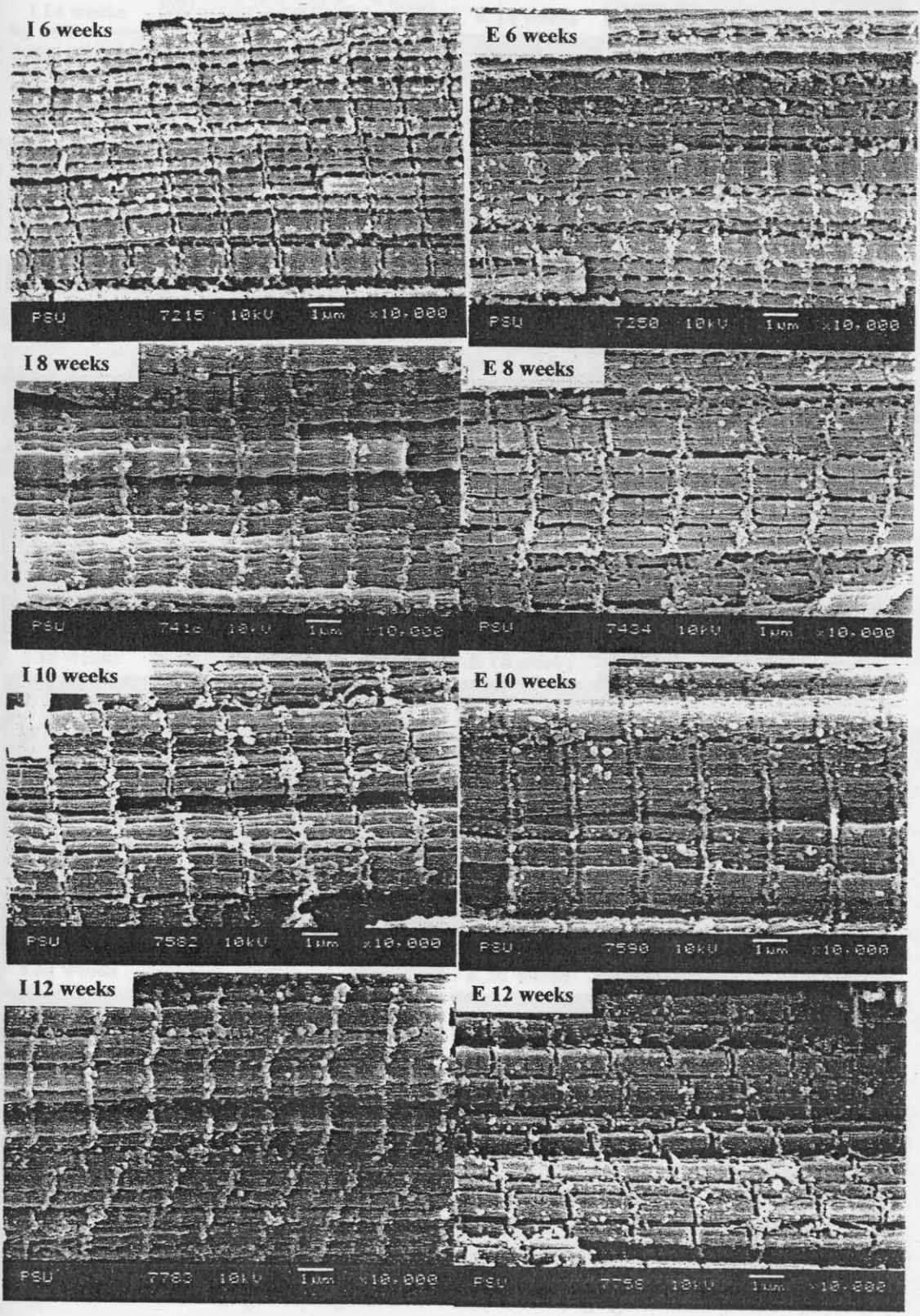


Figure 16 SEM micrographs of longitudinal sections at differing ages (6, 8, 10, 12, 14 ,16, 18, 20, 22 and 24 weeks) of indigenous chicken *Pectoralis major* muscle reared under intensive (I) and extensive (E) systems

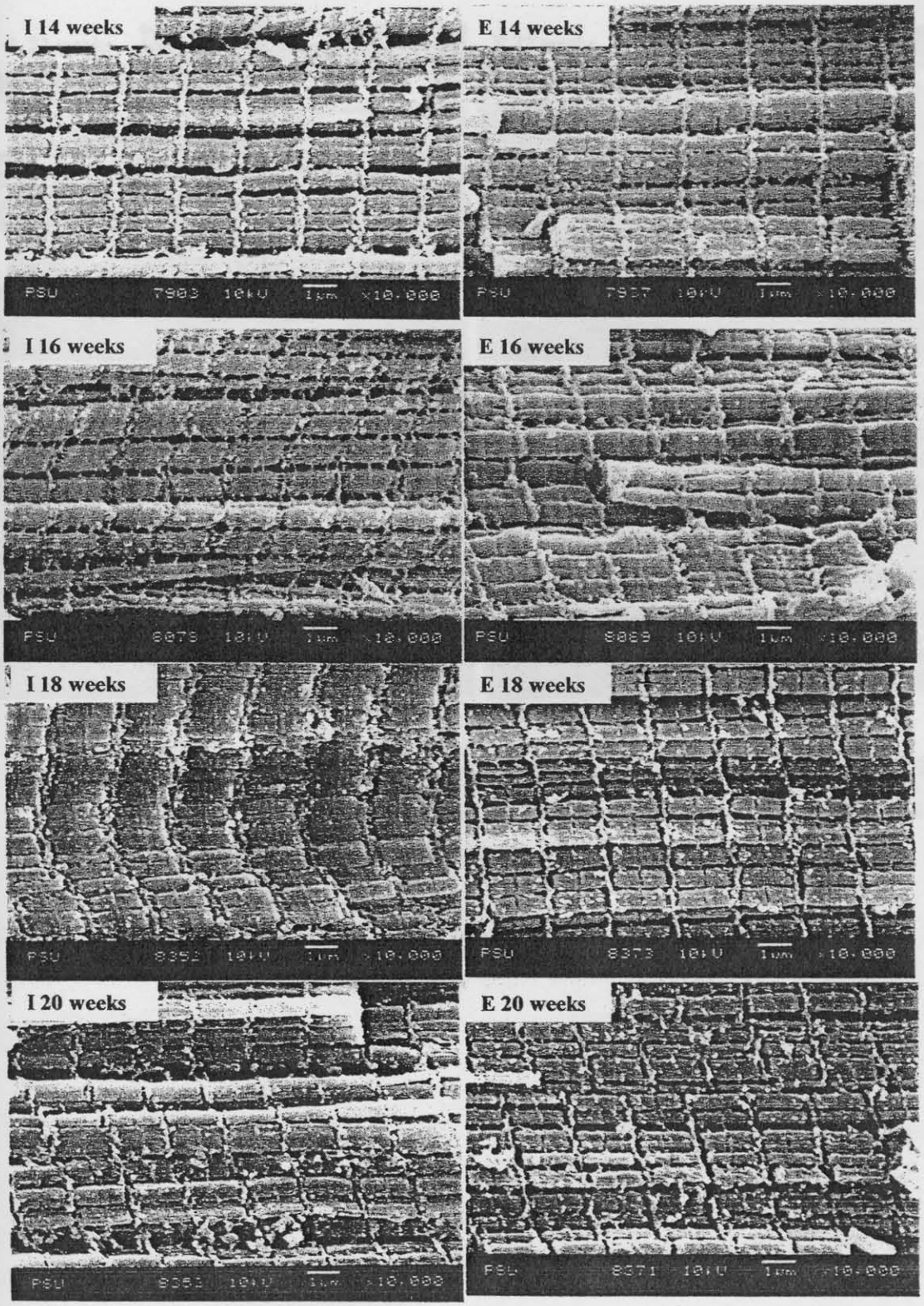


Figure 16 SEM micrographs of longitudinal sections at differing ages (6, 8, 10, 12, 14 ,16, 18, 20, 22 and 24 weeks) of indigenous chicken *Pectoralis major* muscle reared under intensive (I) and extensive (E) systems (continued)

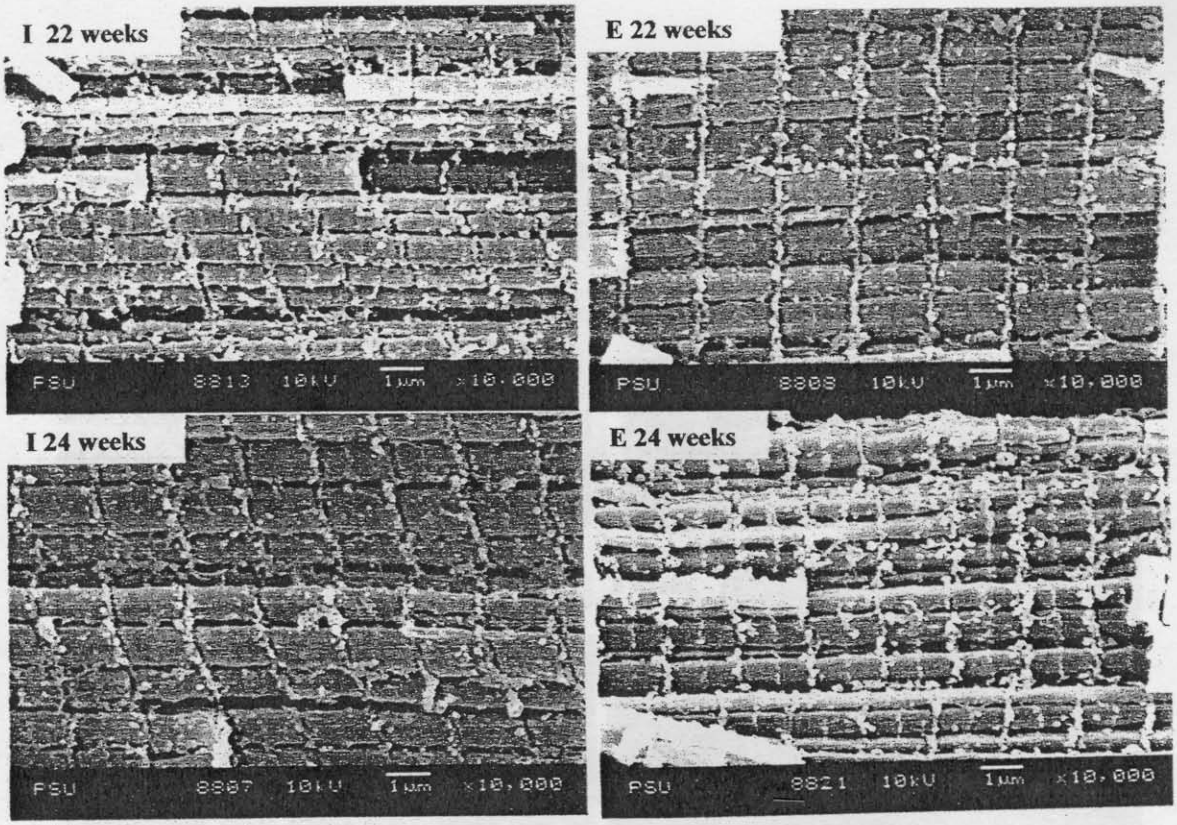


Figure 16 SEM micrographs of longitudinal sections at differing ages (6, 8, 10, 12, 14 ,16, 18, 20, 22 and 24 weeks) of indigenous chicken *Pectoralis major* muscle reared under intensive (I) and extensive (E) systems (continued)

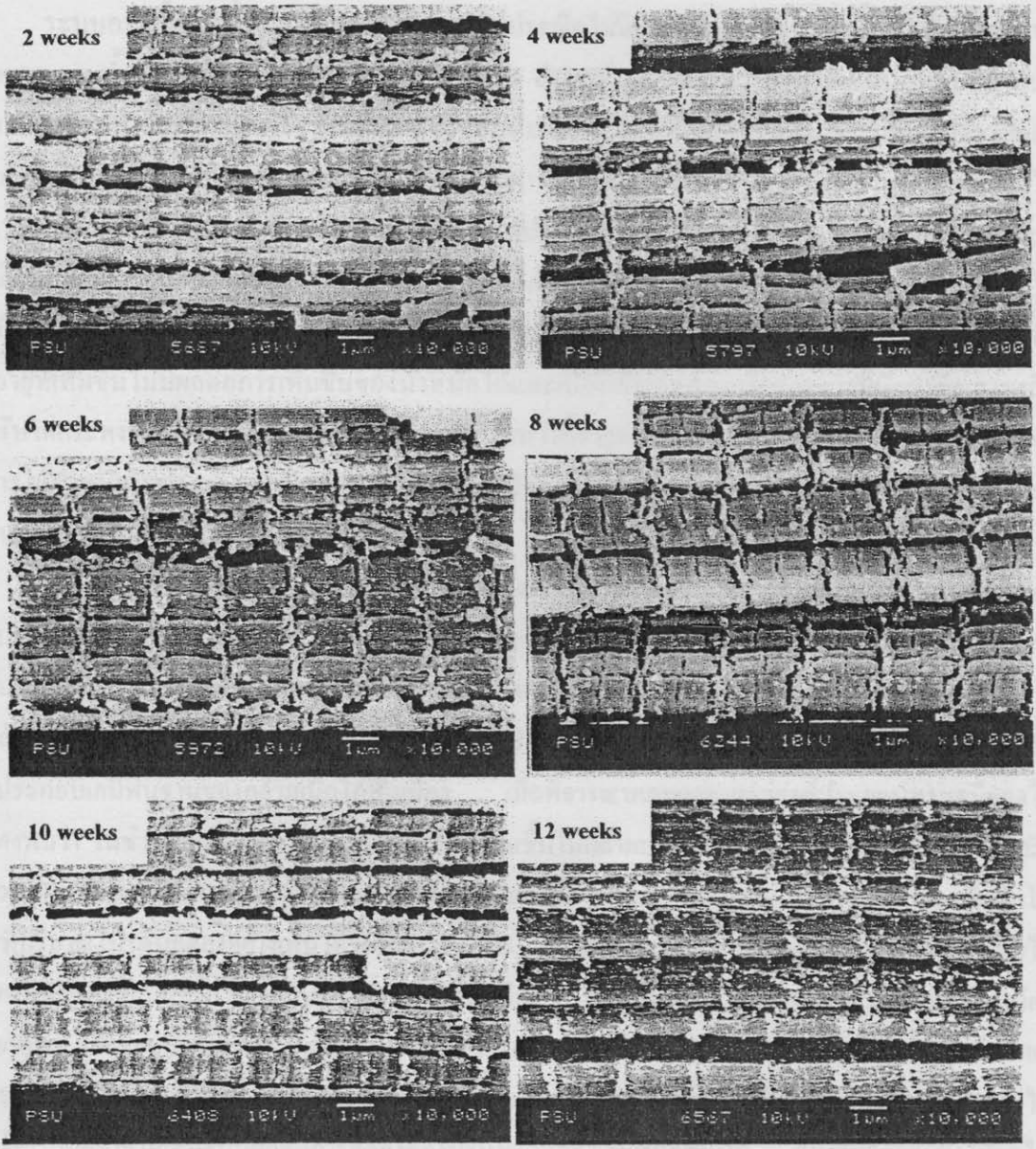


Figure 17 SEM micrographs of longitudinal sections at differing ages (2, 4, 6, 8, 10 and 12 weeks) of broiler *Pectoralis major* muscle.