บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การศึกษารวบรวมข้อมูลเพื่อการคัดเลือกวัตถุดิบสำหรับใช้ในการผลิตสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสัตว์อินทรีย์

4.1.1 รวบรวมข้อมูลวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติโดดเด่นเหมาะสมในการผลิตสารผสมล่วงหน้า

ในขั้นต้นของการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาข้อมูลการผลิตสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสัตว์จากงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ คุณสมบัติที่โดดเด่นในการเป็นแหล่งโภชนะทั้ง วิตามิน แร่ธาตุ และกรดอะมิโนของวัตถุดิบต่าง ๆ ทำการคัดเลือกและจัดจำแนกออกเป็นกลุ่มตามคุณสมบัติทางเคมีและประเมินความเป็นไปได้ในการใช้วัตถุดิบนั้น ๆ ในการผลิตสารผสมล่วงหน้าอินทรีย์ในอาหารสัตว์ เป็นกลุ่มหลัก 3 กลุ่ม ได้แก่ วิตามิน แร่ธาตุ และกรดอะมิโน ดังแสดงในตารางที่ 4.1-4.3

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติโดดเด่นในการเป็นแหล่งวิตามิน

ลำดับที่	วัตถุดิบ	คุณสมบัติ	ปริมาณสาร	อ้างอิง
1	มะขามป้อม	วิตามินซี	400 mg/g	Scartezzini *et al.* (2006)
2	ฝรั่ง	วิตามินซี	88.5 mg/100g	กฤษณ และคณะ (2554) Vásquez-Osorio *et al.* (2014)
3	มะเขือเทศ	วิตามินเอ (lycopene) วิตามินอี	13.92-17.49 mg/100g FW 0.5 mg/100g	Tudor-Radu M *et al.* (2016) Raiola *et al.* (2015)
4	ดอกดาวเรือง	วิตามินเอ	114.5 mg/g	Šivel *et al.* (2014)
5	ฟักทอง	วิตามินเอ (ß-carotene)	1.4-8.4 mg/100g	พจนา และคณะ (2557)
6	งาดำ	วิตามินบี 1	0.83 mg/100g	Makinde and Akinoso (2013)
7	กะหล่ำปลี	วิตามินเค	145 µg/100g	Booth (2012)
8	แครอท	วิตามินเอ	6-54 mg/100g	Sharma *et al.* (2012)
9	งาขี้ม้อน	วิตามินอี	276.68 µg/g	ธิดารักษ์ และคณะ (2554)
10	มะเขือม่วง	วิตามินซี	10.43 mg/100g	Ayaz *et al.* (2015)

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติโดดเด่นในการเป็นแหล่งแร่ธาตุ

ลำดับที่	วัตถุดิบ	คุณสมบัติ	ปริมาณสาร	อ้างอิง
1	งาขี้ม้อน	P Ca	677.2 mg/100g 249.9 mg/100g	Gwari *et al.* (2014)

		Mg	261.7 mg/100g	
2	กากกาแฟ	K Mg Ca Na Fe Mn Cu	253 mg/100g 178 mg/100g 771 mg/100g 329 mg/100g 326 mg/100g 33 mg/100g 46 mg/100g	Pujol *et al*. (2013)
3	งาดำ	K Mg P Ca Na	96.33 mg/100g 64.79 mg/100g 31.19 mg/100g 61.37 mg/100g 87.21 mg/100g	Onsaard *et al*. (2010) Ogungbenle and Onoge. (2014)
4	แครอท	Ca	80 mg/100g	Sharma *et al*. (2012)
5	มะเขือม่วง	Mg K Zn Cu Fe	283.3 mg/kg 2331.9 mg/kg 2.2 mg/kg 0.3 mg/kg 2.6 mg/kg	Ayaz *et al*. (2015)
6	กล้วย	Na K Mg P Fe Cu Zn B	12.0 mg/100g 584 mg/100g 41.2 mg/100g 63.4 mg/100g 0.36 mg/100g 0.13 mg/100g 0.18 mg/100g 0.21 mg/100g	Hardisson *et al*. (2001)

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติโดดเด่นในการเป็นแหล่งกรดอะมิโน

ลำดับที่	วัตถุดิบ	คุณสมบัติ	ปริมาณสาร	อ้างอิง
1	กากงา	Methionine		พันทิพา (2547)
2	หนอนแมลงวันลาย	Lysine Methionine	22.6 g/kg 7.6 g/kg	Spranghers *et al* (2017)
3	ถั่วเหลือง	Lysine Methionine		พันทิพา (2547)
4	มะเขือม่วง	Lysine Methionine	80.59 mg/100g 17.82 mg/100g	Ayaz *et al*. (2015)

		Glutamic acid Leucine	219.74 mg/100g 54.05 mg/100g	
5	สาหร่ายสไปรูลิน่า	Lysine Isoluecine Leucine	2960 mg/100g 3500 mg/100g 5380 mg/100g	Gutiérrez-Salmeán *et al.* (2015)
6	ถั่วแดง	Lysine Methionine		พันทิพา (2547)
7	หนอนนกยักษ์	Lysine Methionine	59.0 g/kg protein 21.3 g/kg protein	Zhao *et al.* (2016)
8	ใบชา	L-Theanine	2 % of dry weight	Juneja *et al.* (1999)
9	ใบหม่อน	Lysine Isoleucine	1.80 % 1.43 %	Al-kirshi *et al.* (2009)

4.1.2 คัดเลือกพืชที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิตสารผสมล่วงหน้า

จากข้อมูลวัตถุดิบข้างต้นจึงเป็นข้อสรุปวัตถุดิบที่ผ่านการคัดเลือกเพื่อใช้ในการศึกษาในขั้นต่อไป จำนวน 20 ชนิด ได้แก่

1. มะขามป้อม
2. ฝรั่ง
3. มะเขือเทศ
4. ดอกดาวเรือง
5. ฟักทอง
6. งาดำ
7. กะหล่ำปลี
8. แครอท
9. มะเขือม่วง
10. กล้วย
11. กากงา
12. หนอนแมลงวันลาย
13. หนอนนกยักษ์
14. ถั่วเหลือง
15. ถั่วแดง
16. สาหร่ายสไปรูลิน่า
17. กากกาแฟ
18. งาขี้ม้อน
19. ใบชา
20. ใบหม่อน

โดยสรุปแล้ววัตถุดิบที่ผ่านการคัดเลือกมาข้างต้นค่อนข้างเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนะสูง เหมาะสำหรับใช้ในการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและใช้ประกอบสูตรสารผสมล่วงหน้า โดยข้อมูลคุณสมบัติของวัตถุดิบได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.4 ทั้งนี้จากข้อมูลในตารางเป็นเพียงข้อมูลพื้นฐานสำหรับการตัดสินใจคัดเลือกวัตถุดิบเท่านั้น โดยขั้นตอนต่อไปเป็นการรวบรวมและทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเพื่อประกอบการพิจารณาในการประกอบสูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับใช้ในอาหารสัตว์อินทรีย์ต่อไป

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลคุณสมบัติวัตถุดิบที่คัดเลือกเพื่อใช้ในการศึกษา

ลำดับที่	วัตถุดิบ	แหล่งโภชนะ	ชนิด	ปริมาณสาร	อ้างอิง
1	มะขามป้อม	วิตามิน	วิตามินซี	400 mg/g	Scartezzini *et al.* (2006)
2	ฝรั่ง	วิตามิน	วิตามินซี	88.5 mg/100g	กฤษณ และคณะ (2554) Vásquez-Osorio *et al.* (2014)
3	มะเขือเทศ	วิตามิน	วิตามินเอ (lycopene) วิตามินอี	13.92-17.49 mg/100g FW 0.5 mg/100g	Tudor-Radu M *et al.* (2016) Raiola *et al.* (2015)
4	ดอกดาวเรือง	วิตามิน	วิตามินเอ	114.5 mg/g	Šivel *et al.* (2014)
5	ฟักทอง	วิตามิน	วิตามินเอ (ß-carotene)	1.4-8.4 mg/100g	พจนา และคณะ (2557)
6	งาดำ	วิตามิน	วิตามินบี 1	0.83 mg/100g	Makinde and Akinoso (2013)
		แร่ธาตุ	K Mg P Ca Na	96.33 mg/100g 64.79 mg/100g 31.19 mg/100g 61.37 mg/100g 87.21 mg/100g	Onsaard *et al.* (2010) Ogungbenle and Onoge. (2014)
7	กะหล่ำปลี	วิตามิน	วิตามินเค	145 µg/100g	Booth (2012)
8	แครอท	วิตามิน	วิตามินเอ	6-54 mg/100g	Sharma *et al.* (2012)
		แร่ธาตุ	Ca	80 mg/100g	
9	มะเขือม่วง	วิตามิน	วิตามินซี	10.43 mg/100g	Ayaz *et al.* (2015)
		แร่ธาตุ	Mg K Zn Cu Fe	283.3 mg/kg 2331.9 mg/kg 2.2 mg/kg 0.3 mg/kg 2.6 mg/kg	
		กรดอะมิโน	Lysine Methionine	80.59 mg/100g 17.82 mg/100g	

			Glutamic acid Leucine	219.74 mg/100g 54.05 mg/100g	
10	กล้วย	แร่ธาตุ	Na K Mg P Fe Cu Zn B	12.0 mg/100g 584 mg/100g 41.2 mg/100g 63.4 mg/100g 0.36 mg/100g 0.13 mg/100g 0.18 mg/100g 0.21 mg/100g	Hardisson *et al*. (2001)
11	กากงา	กรดอะมิโน	Methionine		พันทิพา (2547)
12	หนอนแมลงวันลาย	กรดอะมิโน	Lysine Methionine	22.6 g/kg 7.6 g/kg	Spranghers *et al* (2017)
13	หนอนนกยักษ์	กรดอะมิโน	Lysine Methionine	59.0 g/kg 21.3 g/kg	Zhao *et al*. (2016)
14	ถั่วเหลือง	กรดอะมิโน	Lysine Methionine		พันทิพา (2547)
15	ถั่วแดง	กรดอะมิโน	Lysine Methionine		พันทิพา (2547)
16	สาหร่ายสไปรูลิน่า	กรดอะมิโน	Lysine Isoluecine Leucine	2960 mg/100g 3500 mg/100g 5380 mg/100g	Gutiérrez-Salmeán *et al*. (2015)
17	กากกาแฟ	แร่ธาตุ	K Mg Ca Na Fe Mn Cu	253 mg/100g 178 mg/100g 771 mg/100g 329 mg/100g 326 mg/100g 33 mg/100g 46 mg/100g	Pujol *et al*. (2013)
18	งาขี้ม้อน	วิตามิน	วิตามินอี	276.68 μg/g	ธิดารักษ์ และคณะ (2554)
		แร่ธาตุ	P Ca Mg	677.2 mg/100g 249.9 mg/100g 261.7 mg/100g	Gwari *et al*. (2014)
19	ใบชา	กรดอะมิโน	L-Theanine	2 % of dry weight	Juneja *et al*. (1999)
20	ใบหม่อน	กรดอะมิโน	Lysine	1.80 %	Al-kirshi *et al*.

			Isoleucine	1.43 %	(2009)

4.2 ข้อมูลความต้องการวิตามิน แร่ธาตุ และสารประกอบอื่นของสุกรและสัตว์ปีก

4.2.1 ข้อมูลความต้องการวิตามินและแร่ธาตุของสุกร

ทำการรวบรวมข้อมูลความต้องการวิตามิน แร่ธาตุและสารประกอบอื่นของสุกรโดยได้รวบรวมจากแหล่งอ้างอิงที่มีความน่าเชื่อถือ คือ National research council (NRC) ที่ได้ระบุถึงความต้องการสารอาหารของสุกรในแต่ละระยะ ทั้ง พลังงาน โปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ถึงตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.5 ความต้องการพลังงานและโปรตีนของสุกรในแต่ละช่วงน้ำหนักตัวต่อวัน (NRC, 1998)

	น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)					
	3-5	5-10	10-20	20-50	50-80	80-120
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg)	820	1,620	3,265	6,050	8,410	10,030
โปรตีนโดยรวม (%)	26.0	23.7	20.9	18.0	15.5	13.2
กรดอะมิโน (%)						
อาร์จินีน	0.59	0.54	0.46	0.37	0.27	0.19
ฮิสติดีน	0.48	0.43	0.36	0.30	0.24	0.19
ไอโซลิวซีน	0.83	0.73	0.63	0.51	0.42	0.33
ลิวซีน	1.50	1.32	1.12	0.90	0.71	0.54
ไลซีน	1.50	1.35	1.15	0.95	0.75	0.60
เมทไธโอนีน	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.16
เมทไธโอนีน + ซีสตีน	0.86	0.76	0.65	0.54	0.44	0.35
ฟีนิลอะลานีน	0.90	0.80	0.68	0.55	0.44	0.35
ฟีนิลอะลานีน + ไทโรซีน	1.41	1.25	1.06	0.87	0.70	0.55
ทรีโอนีน	0.98	0.86	0.74	0.61	0.51	0.41
ทริปโตเฟน	0.27	0.24	0.21	0.17	0.14	0.11
วาลีน	1.04	0.92	0.79	0.64	0.52	0.40

ตารางที่ 4.6 ความต้องการแร่ธาตุของสุกรในแต่ละช่วงน้ำหนักต่อวัน (NRC, 1998)

	น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)					
	3-5	5-10	10-20	20-50	50-80	80-120
แคลเซียม; Ca (%)	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.45
ฟอสฟอรัส; P (ทั้งหมด) (%)	0.70	0.65	0.60	0.50	0.45	0.40
ฟอสฟอรัส; P (ที่ใช้ได้) (%)	0.55	0.40	0.32	0.23	0.19	0.15
โซเดียม; Na (%)	0.25	0.20	0.15	0.10	0.10	0.10
คลอรีน; Cl (%)	0.25	0.20	0.15	0.08	0.08	0.08
แมกนีเซียม; Mg (%)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
โพแทสเซียม; K (%)	0.30	0.28	0.26	0.23	0.19	0.17
ทองแดง; Cu (mg)	6.00	6.00	5.00	4.00	3.50	3.00
ไอโอดีน; I (mg)	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
เหล็ก; Fe (mg)	100	100	80	60	50	50
แมงกานีส; Mn (mg)	4.00	4.00	3.00	2.00	2.00	2.00
ซีลิเนียม; Se (mg)	0.30	0.30	0.25	0.15	0.15	0.15
สังกะสี; Zn (mg)	100	100	80	60	50	50

ตารางที่ 4.7 ความต้องการวิตามินของสุกรในแต่ละช่วงน้ำหนักต่อวัน (NRC, 1998)

	น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)					
	3-5	5-10	10-20	20-50	50-80	80-120
วิตามินเอ (I.U.)*	2,200	2,200	1,750	1,300	1,300	1,300
วิตามินดี (I.U.)	220	220	200	150	150	150
วิตามินอี (I.U.)	16	16	11	11	11	11
วิตามินเค (mg)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
ไบโอติน (mg)	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
โคลีน (g)	0.60	0.50	0.40	0.30	0.30	0.30
โฟเลซิน (mg)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
ไนอาซีน (mg)	20.00	15.00	12.50	10.00	7.00	7.00
กรดแพนโทธีนิค (mg)	12.00	10.00	9.00	8.00	7.00	7.00
วิตามินบี$_1$ (mg)	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
วิตามินบี$_2$ (mg)	4.00	3.50	3.00	2.50	2.00	2.00
วิตามินบี$_6$ (mg)	2.00	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00
วิตามินบี$_{12}$ (mg)	20.00	17.50	15.00	10.00	5.00	5.00

4.2.2 ข้อมูลความต้องการวิตามินและแร่ธาตุและสารประกอบอื่นของสัตว์ปีก

นอกจากสุกรแล้ว ไก่เนื้อเป็นอีกสัตว์เศรษฐกิจหนึ่งที่มีปริมาณความต้องการมากในปัจจุบัน ความต้องการโภชนะของไก่เนื้อมีการกำหนดขึ้นโดยสภาวิจัยแห่งสหรัฐอเมริกาเช่นเดียวกัน จึงถูกใช้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งโลก โดยความต้องการโภชนะของไก่เนื้อแสดงในตารางที่ 4.8 ถึงตารางที่ 4.10 และไก่ไข่แสดงในตารางที่ 4.11 ถึงตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.8 ความต้องการพลังงานและโปรตีนของไก่เนื้อในแต่ละช่วงอายุ (NRC, 1994)

	ช่วงอายุ		
	0-3 สัปดาห์	**3-6 สัปดาห์**	**6-8 สัปดาห์**
พลังงาน (Kcal)	3,200	3,200	3,200
โปรตีนโดยรวม (%)	23.00	20.00	18.00
อาร์จินีน (%)	1.25	1.10	1.00
ฮิสติดีน (%)	0.35	0.32	0.27
ไอโซลิวซีน (%)	0.80	0.73	0.62
ลิวซีน (%)	1.20	1.09	0.93
ไลซีน (%)	1.10	1.00	0.85
เมทไธโอนีน (%)	0.50	0.38	0.32
เมทไธโอนีน + ซีสตีน (%)	0.90	0.72	0.60
ฟีนิลอะลานีน (%)	0.72	0.65	0.56
ฟีนิลอะลานีน + ไทโรซีน (%)	1.34	1.22	1.04
ทรีโอนีน (%)	0.80	0.74	0.68
ทริปโตเฟน (%)	0.20	0.18	0.16
วาลีน (%)	0.90	0.82	0.70

ตารางที่ 4.9 ความต้องการแร่ธาตุของไก่เนื้อในแต่ละช่วงอายุ (NRC, 1994)

	ช่วงอายุ		
	0-3 สัปดาห์	**3-6 สัปดาห์**	**6-8 สัปดาห์**
แคลเซียม; Ca (%)	1.00	0.90	0.80
โซเดียม; Na (%)	0.20	0.15	0.12
คลอรีน; Cl (%)	0.20	0.15	0.12
แมกนีเซียม; Mg (mg)	600	600	600
โพแทสเซียม; K (%)	0.30	0.30	0.30
ทองแดง; Cu (mg)	8	8	8
ไอโอดีน; I (mg	0.35	0.35	0.35
เหล็ก; Fe (mg)	80	80	80
แมงกานีส; Mn (mg)	60	60	60
ซีลิเนียม; Se (mg)	0.15	0.15	0.15
สังกะสี; Zn (mg)	40	40	40

ตารางที่ 4.10 ความต้องการวิตามินของไก่เนื้อในแต่ละช่วงอายุ (NRC, 1994)

	ช่วงอายุ		
	0-3 สัปดาห์	**3-6 สัปดาห์**	**6-8 สัปดาห์**
วิตามินเอ (I.U.)*	1,500	1,500	1,500
วิตามินดี (I.U.)	200	200	200
วิตามินอี (I.U.)	10	10	10
วิตามินเค (mg)	0.50	0.50	0.50
ไบโอติน (mg)	0.15	0.15	0.12
โคลีน (mg)	1,300	1,000	750
โฟเลซิน (mg)	0.55	0.55	0.50
ไนอาซีน (mg)	35	30	25
กรดแพนโทธีนิค (mg)	10	10	10
วิตามินบี$_1$ (mg)	3.6	3.6	3
วิตามินบี$_2$ (mg)	1.80	1.80	1.80

ตารางที่ 4.11 ความต้องการพลังงานและโปรตีนของไก่ไข่ในแต่ละช่วงอายุ (NRC, 1994)

	ช่วงอายุ (สัปดาห์) ไข่เปลือกขาว				ช่วงอายุ (สัปดาห์) ไข่เปลือกน้ำตาล			
	0-6	6-12	12-18	18-ไข่	0-6	6-12	12-18	18-ไข่
พลังงาน (Kcal)	2,850	2,850	2,900	2,900	2,800	2,800	2,850	2,850
โปรตีนโดยรวม (%)	18.00	16.00	15.00	17.00	17.00	15.00	14.00	16.00
อาร์จินีน (%)	1.00	0.83	0.67	0.75	0.94	0.78	0.62	0.72
ฮิสติดีน (%)	0.26	0.22	0.17	0.20	0.25	0.21	0.16	0.18
ไอโซลิวซีน (%)	0.60	0.50	0.40	0.45	0.57	0.47	0.37	0.42
ลิวซีน (%)	1.10	0.85	0.70	0.80	1.00	0.80	0.65	0.75
ไลซีน (%)	0.85	0.60	0.45	0.52	0.80	0.56	0.42	0.49
เมทไธโอนีน (%)	0.30	0.25	0.20	0.22	0.28	0.23	0.19	0.21
เมทไธโอนีน + ซีสตีน (%)	0.62	0.52	0.42	0.47	0.59	0.49	0.39	0.44
ฟีนิลอะลานีน (%)	0.54	0.45	0.36	0.40	0.51	0.42	0.34	0.38
ฟีนิลอะลานีน + ไทโรซีน (%)	1.00	0.83	0.67	0.75	0.94	0.78	0.63	0.70
ทรีโอนีน (%)	0.68	0.57	0.37	0.47	0.64	0.53	0.35	0.44
ทริปโตเฟน (%)	0.17	0.14	0.11	0.12	0.16	0.13	0.10	0.11
วาลีน (%)	0.62	0.52	0.41	0.46	0.59	0.49	0.38	0.43

ตารางที่ 4.12 ความต้องการแร่ธาตุของไก่ไข่ในแต่ละช่วงอายุ (NRC, 1994)

	ช่วงอายุ (สัปดาห์) ไข่เปลือกขาว				ช่วงอายุ (สัปดาห์) ไข่เปลือกน้ำตาล			
	0-6	6-12	12-18	18-ไข่	0-6	6-12	12-18	18-ไข่
แคลเซียม; Ca (%)	0.90	0.80	0.80	2.00	0.90	0.80	0.80	1.80
ฟอสฟอรัส, P (%)	0.40	0.35	0.30	0.32	0.40	0.35	0.30	0.35
โซเดียม; Na (%)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
คลอรีน; Cl (%)	0.15	0.12	0.12	0.15	0.12	0.11	0.11	0.11
แมกนีเซียม; Mg (mg)	600	500	400	400	570	470	370	370
โพแทสเซียม; K (%)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
ทองแดง; Cu (mg)	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0
ไอโอดีน; I (mg	0.35	0.35	0.35	0.35	0.33	0.33	0.33	0.33
เหล็ก; Fe (mg)	80.0	60.0	60.0	60.0	75.0	56.0	56.0	56.0
แมงกานีส; Mn (mg)	60.0	30.	30.0	30.0	56.0	28.0	28.0	28.0
ซีลิเนียม; Se (mg)	0.15	0.10	0.10	0.10	0.14	0.10	0.10	0.10
สังกะสี; Zn (mg)	40.0	35.0	35.0	35.0	38.0	33.0	33.0	33.0

ตารางที่ 4.13 ความต้องการวิตามินของไก่ไข่ในแต่ละช่วงอายุ (NRC, 1994)

	ช่วงอายุ (สัปดาห์) ไข่เปลือกขาว				ช่วงอายุ (สัปดาห์) ไข่เปลือกน้ำตาล			
	0-6	6-12	12-18	18-ไข่	0-6	6-12	12-18	18-ไข่
วิตามินเอ (I.U.)*	1,500	1,500	1,500	1,500	1,420	1,420	1,420	1,420
วิตามินดี (I.U.)	200	200	200	300	190	190	190	280
วิตามินอี (I.U.)	10.0	5.0	5.0	5.0	9.5	4.7	4.7	4.7
วิตามินเค (mg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.47	0.47	0.47	0.47
ไบโอติน (mg)	0.15	0.10	0.10	0.10	0.14	0.09	0.09	0.09
โคลีน (mg)	1,300	900	500	500	1,250	850	470	470
ไนอาซีน (mg)	27.0	11.0	11.0	11.0	26.0	10.3	10.3	10.3
กรดแพนโทธีนิค (mg)	10.0	10.0	10.0	10.0	9.4	9.4	9.4	9.4
กรดโฟลิค (mg)	0.55	0.25	0.25	0.25	0.52	0.23	0.23	0.23
ไทอามิน (mg)	1.0	1.0	0.8	0.8	1.0	1.0	0.8	0.8
ไพริดอกซิน (I.U.)*	3.0	3.0	3.0	3.0	2.8	2.8	2.8	2.8

4.3 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบบนพื้นที่สูงที่ผ่านการคัดเลือกในห้องปฏิบัติการ

4.3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบโดยวิธีการ proximate analysis

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการพัฒนาเป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับการผลิตสารผสมล่วงหน้าอินทรีย์ (ตารางที่ 4.4) พบว่า มีพืชหลายชนิดที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการศึกษา จึงได้ทำการเก็บตัวอย่างแล้วนำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบ

ในเบื้องต้นทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบโดยวิธีการ proximate analysis โดยมุ่งหวังทราบคุณค่าทางโภชนะประกอบด้วย วัตถุแห้ง (dry matter, DM) โปรตีนโดยรวม (crude protein) ไขมันโดยรวม (ether extract, EE) เยื่อใยโดยรวม (crude fiber) และเถ้า (ash) โดยค่าของข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประกอบการคัดเลือกเพื่อจัดจำแนกกลุ่มของวัตถุดิบ ได้ทำการวิเคราะห์จำนวน 20 ตัวอย่าง ประกอบด้วย ใบหม่อน งาขี้ม้อน กากงาขี้ม้อน กากงาดำ ใบชา กากกาแฟ หนอนแมลงวันลาย ฟักทอง สาหร่ายสไปรูลิน่า ถั่วเหลือง ถั่วแดง หนอนนกยักษ์ มะละกอ กล้วย มะขามป้อม มะเขือเทศ มะเขือม่วง แครอท และถั่วเขียว โดยพบว่า สาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นวัตถุดิบที่มีโปรตีนโดยรวมมากที่สุด (46.32%) อันดับที่สอง คือ หนอนนกยักษ์ (45.45%) และรองลงมาได้แก่ หนอนแมลงวันลาย (43.17%) ทั้งนี้เป็นแหล่งวัตถุดิบจากสัตว์จึงส่งผลให้มีโปรตีนโดยรวมสูงกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นในส่วนของวัตถุดิบที่เป็นแหล่งจากพืช พบว่า กากงาดำมีโปรตีนโดยรวมมากที่สุดเมื่อเทียบกับวัตถุดิบแหล่งจากพืชเช่นเดียวกัน โดยมีโปรตีนโดยรวม 36.06% รองลงมา คือ ถั่วเหลือง โดยมีโปรตีนโดยรวม 32.35%และรองลงมาได้แก่ ถั่วเขียว (29.10%) ทั้งนี้วัตถุดิบเหล่านี้มีความเหมาะสมที่ศึกษาต่อในการใช้เป็นแหล่งของกรดอะมิโนในการผลิตสารผสมล่วงหน้าอินทรีย์

ส่วนไขมันโดยรวม พบว่า มะขามป้อมเป็นวัตถุดิบที่มีไขมันโดยรวมน้อยที่สุด (0.3/%) เมื่อเทียบกับแหล่งวัตถุดิบอื่นๆ และในทางตรงกันข้ามหนอนนกยักษ์เป็นวัตถุดิบที่มีไขมันโดยรวมมากที่สุด (42.21%) รองลงมาได้แก่ หนอนแมลงวันลาย (25.23%) ทั้งนี้วัตถุดิบจากพืชที่มีน้ำมันสูงยังมีปริมาณไขมันน้อยกว่าหนอนทั้งสองชนิด (งาขี้ม้อน 16.67% และถั่วเหลือง 19.78% เป็นต้น)

วัตถุดิบจากพืชส่วนใหญ่มีเยื่อใยสูงระดับหนึ่ง โดยมะเขือม่วงเป็นวัตถุดิบที่มีเยื่อใยโดยรวมสูงเมื่อเทียบกับวัตถุดิบอื่นๆ (38.33%) โดยหนอนนกยักษ์เป็นวัตถุดิบที่มีเยื่อใยโดยรวมต่ำที่สุด (5.32%) ทั้งนี้เนื่องจากหนอนนกยักษ์เป็นวัตถุดิบจากสัตว์จึงไม่น่าแปลกที่มีระดับเยื่อใยโดยรวมน้อย โดยวัตถุดิบที่มีระดับเยื่อใยโดยรวมน้อยเป็นอันดับสอง คือ หนอนแมลงวันลาย อย่างไรก็ตาม เยื่อใยโดยรวมของใบหม่อนและกากงาดำค่อนข้างมีน้อย แต่ในทางตรงกันข้ามใบหม่อนกลับมีเถ้าสูงถึง 15% เมื่อเทียบกับวัตถุดิบตัวอื่น รองลงมา คือ สาหร่ายสไปรูลิน่า โดยปริมาณเถ้าเป็นตัวบ่งชี้ว่าวัตถุดิบนั้นๆ มีโอกาสที่มีแร่ธาตุอยู่ในปริมาณมาก

Table 4.14 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่คัดเลือก

ลำดับ	Chemical composition (%)	DM	CP	EE	CF	Ash
1	ใบหม่อน	93.92	17.95	4.28	5.55	15.00
2	งาขี้ม้อน	94.97	16.86	40.10	30.85	5.30
3	กากงาขี้ม้อน	95.02	29.8	11.97	30.50	5.22
4	กากงาดำ	93.59	36.06	19.51	5.76	9.08
5	ใบชาอ่อน	94.23	22.99	0.33	21.28	7.24

6	ใบชาแก่ (ใบเมี้ยง)	95.54	20.39	2.72	24.61	5.79
7	กากกาแฟ	96.09	12.12	14.57	13.36	1.52
8	หนอนแมลงวันลาย	94.30	43.17	25.23	5.39	11.14
9	ฟักทอง	91.53	14.28	2.92	7.74	8.63
10	สาหร่ายสไปรูลิน่า	90.50	46.32	3.52	5.74	13.00
11	ถั่วเหลือง	91.71	32.55	19.78	5.02	4.32
12	ถั่วแดง	96.54	25.27	11.02	4.33	2.17
13	หนอนนกยักษ์	95.82	45.45	42.21	5.32	7.89
14	มะละกอ	90.31	16.21	1.32	17.20	5.12
15	กล้วย	93.30	1.67	1.02	31.30	7.70
16	มะขามป้อม	84.47	3.01	0.32	10.38	2.88
17	มะเขือเทศ	96.67	26.37	13.25	33.85	3.68
18	มะเขือม่วง	92.20	12.77	2.57	38.33	6.77
19	แครอท	93.25	6.15	1.00	33.35	5.06
20	ถั่วเขียว	91.02	29.10	5.87	6.28	3.17

DM; dry matter, EE; ether extract, CP; crude protein, CF; crude fiber

4.3.2 การวิเคราะห์กรดอะมิโนของวัตถุดิบโดยวิธีการ capillary electrophoresis

จากการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของวัตถุดิบและได้ทำการคัดเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการศึกษาเป็นแหล่งกรดอะมิโน โดยได้ทำการวิเคราะห์กรดอะมิโนโดยรวมของวัตถุดิบ (ตารางที่ 4.15) โดยมุ่งเน้นที่กรดอะมิโนที่จำเป็นหลัก 10 ชนิด ได้แก่ อาร์จินิน (Arg) ฮิสติดีน (His) ทรีโอนิน (Thr) วาลีน (Val) ทริปโตแฟน (Trp) ฟีนิลอะลานิน (Phe) ไอโซลิวซีน(Ilu) ลิวซีน (Lue) ไลซีน (Lys) และเมทไธโอนีน (Met) โดยเฉพาะกรดอะมิโนที่มีความจำเป็นและร่างกายขาดเป็นลำดับแรก (first limiting amino acid) โดยในสัตว์ปีกขาดเมทไธโอนีนเป็นลำดับแรก และในสุกรขาดไลซีนเป็นลำดับแรก และกรดอะมิโนที่จำเป็นและร่างกายขาดเป็นอันดับสอง (second limiting amino acid) โดยในสัตว์ปีกมักขาดไลซีนและในสุกรมักขาดเมทไธโอนีนเป็นลำดับสองเสมอ ดังนั้น กรดอะมิโนทั้งสองชนิดนี้จึงมีความสำคัญมาก จากการวิเคราะห์ พบว่า ถั่วขาวเป็นวัตถุดิบที่มีกรดอะมิโนไลซีนสูงที่สุด (3.87%) รองลงมา ได้แก่ หนอนนกยักษ์ ถั่วเขียว สาหร่ายสไปรูลิน่า หนอนแมลงวันลาย ถั่วเหลือง และถั่วแดง โดยมีปริมาณไลซีน 2.98, 2.98, 2.64, 2.58, 2.56 และ 1.45% ตามลำดับ ในส่วนของกรดอะมิโนเมทไธโอนีน พบว่า สาหร่ายสไปรูลิน่าก็เป็นวัตถุดิบที่มีเมทไธโอนีนสูงที่สุด 4.54% รองลงมา คือ ถั่วแดง หนอนนกยักษ์ ถั่วเหลือง และหนอนแมลงวันลาย โดยมีปริมาณเมทไธโอนีน 2.88, 2.35, 1.80 และ 1.71% ตามลำดับ

4.3.3 การวิเคราะห์วิตามินของวัตถุดิบ

จากการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์วิตามินในวัตถุดิบ โดยทำการวิเคราะห์วิตามินหลักจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินอี และวิตามินซี โดยพบว่า มะเขือเทศเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณวิตามินเอมากที่สุด (45.03 µg/100g) และรองลงมา ได้แก่ ฟักทอง (35.09 µg/100g) ส่วนวิตามินอี พบว่า วัตถุดิบที่มีโปรตีนสูง ได้แก่ หนอนนกยักษ์ หนอนแมลงวันลาย และสาหร่ายสไปรูลิน่ามีปริมาณวิตามินอีสูง (38.32, 35.54 และ 36.32 mg/100g ตามลำดับ และยังพบว่า มะขามป้อมเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุดเมื่อเทียบกับวัตถุดิบอื่นที่ได้คัดเลือก โดยมีปริมาณวิตามินซี 687.30 mg/100g (ตารางที่ 4.16)

4.3.4 การวิเคราะห์แร่ธาตุของวัตถุดิบ

จากการศึกษาในครั้งนี้ ทางผู้วิจัยได้ทำการแยกวิเคราะห์แร่ธาตุออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ แร่ธาตุหลัก (macro mineral) และแร่ธาตุรอง (micro mineral) โดยแร่ธาตุหลักที่ทำการวิเคราะห์ในการศึกษานี้ประกอบด้วย โซเดียม (Na) แคลเซียม (Ca) โพแทสเซียม (K) ฟอสฟอรัส (P) และแมกนีเซียม (Mg) และแร่ธาตุรองในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) และแมงกานีส (Mn) โดยในการศึกษานี้ได้รายงานในรูปมิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (mg/100g) ดังแสดงในตารางที่ 4.17 จากการศึกษาพบว่าสาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นวัตถุดิบที่มีแร่ธาตุค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับวัตถุดิบอื่น โดยมีโซเดียมสูงถึง 680 mg/100g มีแคลเซียมสูงถึง 450 mg/100g นอกจากนี้ หนอนแมลงวันลายและหนอนนกยักษ์เป็นวัตถุดิบที่ปริมาณฟอสฟอรัสสูงเมื่อเทียบกับวัตถุดิบอื่นรองจากสาหร่ายสไปรูลิน่า (620 และ 698 mg/100g ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม ความต้องการโภชนะหลักของสัตว์มีความต้องการแคลเซียมและฟอสฟอรัสในปริมาณมาก โดยเฉพาะช่วงกำลังเจริญเติบโต ทั้งนี้เพื่อใช้ในการสร้างเสริมโครงสร้างให้กับร่างกายโดยเฉพาะกระดูกและฟัน ดังนั้น ในการศึกษานี้จึงได้ทำการศึกษาวัตถุดิบแหล่งของแคลเซียมและฟอสฟอรัสโดยตรง ได้แก่ เปลือกหอยและกระดูกป่นโดยมีปริมาณแคลเซียมในเปลือกหอยสูงถึง 32% และในกระดูกป่น 30%

Table 4.15 ปริมาณกรดอะมิโนในเนื้อถั่วอบ

ลำดับ	Amino acids (%)	Gly	Ala	Ser	Thr	Pro	Val	Met	Liu+Ilu	His	Phe	Tyr	Lys	Arg
1	ถั่วแดง	1.09	1.08	1.50	1.21	1.44	0.79	2.88	1.16	0.76	1.13	0.84	1.45	1.03
2	ถั่วเหลือง	2.05	1.93	2.70	2.08	3.37	1.29	1.80	0.89	1.24	1.84	1.56	2.56	1.68
3	หนอนแมลงวันลาย	2.83	4.00	3.03	2.54	4.80	2.35	1.71	2.72	1.49	1.96	3.00	2.58	1.52
4	สาหร่ายสไปรูลิน่า	3.35	5.37	3.85	3.90	3.80	2.96	4.54	4.47	0.95	2.63	2.77	2.64	1.13
5	ฟักทอง	1.32	0.87	1.11	0.56	1.02	0.77	0.33	2.01	0.32	1.10	1.21	1.16	1.01
6	งาขี้ม้อน	1.53	.95	1.51	0.55	0.67	0.65	0.37	1.34	0.55	1.02	0.79	1.01	1.29
7	กากงาขี้ม้อน	1.54	1.03	1.71	1.01	0.98	0.79	0.48	1.87	0.97	1.68	1.02	1.45	1.57
8	ใบหม่อน	1.02	1.44	1.08	1.72	1.12	0.97	0.44	2.21	0.76	1.17	0.86	1.94	1.32
9	ใบชา	1.38	1.32	2.13	0.91	0.87	1.01	0.78	0.85	0.91	0.32	0.21	1.94	0.94
10	กากกาแฟ	2.46	2.01	0.67	0.40	1.71	1.82	0.30	3.29	0.41	1.28	0.44	0.68	0.12
11	กากงาดำ	1.38	1.20	1.17	1.40	0.71	2.18	0.31	3.27	0.72	1.27	0.81	0.71	1.82
12	มะเขือม่วง	0.32	0.51	0.51	0.37	0.51	0.78	0.13	1.20	0.21	0.41	0.22	0.97	0.62
13	มะเขือเทศ	1.52	1.72	1.98	1.23	0.64	1.41	0.56	2.04	1.21	1.35	0.74	1.24	2.1
14	มะขามป้อม	0.23	0.24	0.22	0.18	0.72	0.16	0.07	0.45	0.20	0.18	0.13	0.32	0.22
15	กล้วย	0.41	0.43	0.45	0.32	0.32	0.44	0.08	0.87	0.25	0.31	0.18	0.40	0.36
16	มะละกอ	2.31	5.60	2.70	2.15	1.98	2.31	0.81	3.57	1.34	1.56	0.98	2.43	1.95
17	หนอนนกยักษ์	2.34	3.21	3.03	2.10	2.13	2.87	2.35	4.78	1.21	1.99	3.03	2.98	2.02
18	ถั่วเขียว	2.91	3.98	2.71	2.89	3.33	2.10	0.87	3.41	1.79	2.02	0.76	2.98	2.03
19	ถั่วขาว	2.80	2.75	3.85	3.01	3.25	4.41	1.00	4.06	2.28	2.96	1.94	3.87	2.09
20	ถั่วแขก	0.68	1.02	1.04	0.45	0.73	0.72	0.33	0.95	0.37	0.56	0.52	1.02	1.34

Gly; glycine, Ala; alanine, Ser; serine, Thr; threonine, Pro; proline, Val; valine, Met; Methionine, Liu+Ilu; leucine + isoleucine, His; histidine, Phe; phenylalanine, Try; tryptophan, Lys; lysine, Arg; arginine

Table 4.16 องค์ประกอบของวิตามินบางชนิดของวัตถุดิบที่คัดเลือก

ลำดับ	mg/100g	A (µg/100g)	E	C
1	ใบหม่อน	12.32	3.25	89.98
2	งาขี้ม้อน	0.63	10.32	1.75
3	กากงาขี้ม้อน	0.54	10.03	2.25
4	กากงาดำ	0.89	0.27	ND
5	ใบชาอ่อน	0.54	3.25	7.78
6	ใบชาแก่	0.24	3.37	5.25
7	กากกาแฟ	0.23	0.14	1.13
8	หนอนแมลงวันลาย	ND	38.32	45.25
9	ฟักทอง	35.09	1.04	3.23
10	สาหร่ายสไปรูลิน่า	1.32	35.54	39.52
11	ถั่วเหลือง	0.89	0.95	1.03
12	ถั่วแดง	0.34	ND	1.02
13	หนอนนกยักษ์	ND	36.32	31.06
14	มะละกอ	4.02	0.55	58.7
15	กล้วย	2.10	0.20	7.83
16	มะขามป้อม	ND	ND	687.30
17	มะเขือเทศ	45.03	0.46	13.32
18	มะเขือม่วง	0.80	0.27	12.65
19	เปลือกหอย (%)	-	-	-
20	กระดูกป่น (%)	-	-	-

Table 4.17 องค์ประกอบของแร่ธาตุของวัตถุดิบที่คัดเลือก

ลำดับ	mg/100g	Na	Ca	K	P	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
1	ใบหม่อน	10.02	39.39	20.23	2.39	2.29	1.24	4.7	3.12	93.23
2	งาขี้ม้อน	75.89	250.9	32.33	680.32	4.90	9.23	0.20	5.22	252.10
3	กากงาขี้ม้อน	65.32	289.95	27.84	590.43	5.59	8.78	0.17	4.99	243.83
4	กากงาดำ	39.10	292.59	110.72	168.89	3.32	3.99	0.22	4.49	1.03
5	ใบชาอ่อน	9.32	8.95	72.96	6.59	8.54	0.83	0.11	0.29	3.38
6	ใบชาแก่	8.38	9.76	23.33	6.43	6.76	0.43	0.45	1.22	1.98
7	กากกาแฟ	33.84	19.23	23.78	13.32	18.92	30.74	3.24	1.07	3.02
8	หนอนแมลงวันลาย	230.30	2990.95	783.86	620.68	305.33	43.4	5.1	20.2	1.2
9	ฟักทอง	18.32	19.75	16.88	1.32	19.87	0.18	0.47	1.01	0.09
10	สาหร่ายสไปรูลิน่า	680.09	450.20	1459.37	983.99	320.58	92.37	0.67	1.83	3.36
11	ถั่วเหลือง	4.54	20.32	171.93	55.36	25.32	5.31	1.55	1.85	1.10
12	ถั่วแดง	37.82	52.38	20.77	3.98	752.25	13.56	1.03	3.69	3.02
13	หนอนนกยักษ์	83.33	33.39	720.23	698.87	133.93	5.02	1.20	9.32	0.99
14	มะละกอ	23.50	220.31	1,945.3	44.32	89.32	1.01	0.13	0.66	0.09
15	กล้วย	12.31	18.02	585.34	83.32	44.43	0.45	0.13	0.20	0.10
16	มะขามป้อม	3.30	30.10	279.95	30.03	10.08	2.98	0.20	1.81	1.05
17	มะเขือเทศ	79.8	39.46	1453.2	22.34	97.8	3.2	0.45	1.90	0.33
18	มะเขือม่วง	3.39	18.90	3.01	40.31	15.50	0.98	0.30	0.34	1.15
19	เปลือกหอย (%)	-	32.3	-	-	-	-	-	-	-
20	กระดูกป่น (%)	-	30.06	-	13.75	-	-	-	-	-

4.4 การทดสอบและวิเคราะห์การประกอบสูตรสารผสมล่วงหน้าเพื่อผลิตสารผสมล่วงหน้าโดยใช้วัตถุดิบตามมาตรฐานสัตว์อินทรีย์

จากการรวบรวมข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ของวัตถุดิบที่ได้คัดเลือกไว้ ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการประกอบสูตรสารผสมล่วงหน้าโดยใช้วัตถุดิบที่คัดเลือกไว้เบื้องต้น โดยในกรณีนี้วัตถุดิบบางชนิดอาจไม่ได้รับการคัดเลือกให้ใช้ในการผสมเป็นสารผสมล่วงหน้าในครั้งนี้ เนื่องจากวัตถุดิบนั้นมีองค์ประกอบทางเคมีที่น้อยเกินกว่าสามารถให้เป็นแหล่งของโภชนะที่อยู่ในสารผสมล่งหน้าได้ ในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้ทำการประกอบสูตรสารผสมล่วงหน้าจำนวน 3 สูตร โดยสูตรแรกเป็นสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสุกรโดยใช้วัตถุดิบ ได้แก่ ถั่วขาว (10%) กากงาขี้ม้อน (10%) สาหร่ายสไปรูลิน่า (15%) หนอนแมลงวันลาย (15%) หนอนนกยักษ์ (20%) เปลือกหอยป่น (5%) กระดูกป่น (10%) และถั่วเขียว (10%) ดังแสดงในตารางที่ 4.18 โดยโภชนะหลักในสูตรสารผสมล่วงหน้าที่ผู้วิจัยมุ่งเน้นและมักไม่เพียงพอในสูตรอาหาร ได้แก่ กรดอะมิโนเมทไธโอนีน และกรดอะมิโนไลซีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นที่มักขาดในสุกรที่ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น และแร่ธาตุหลัก คือ แคลเซียมและฟอสฟอรัสซึ่งมีความจำเป็นในการสร้างโครงสร้างของร่างกาย ดังแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.18 สูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสุกร

รายการ	**สัดส่วน (%)**
ถั่วขาว	15.00
กากงาขี้ม้อน	10.00
สาหร่ายสไปรูลิน่า	15.00
หนอนแมลงวันลาย	15.00
หนอนนกยักษ์	20.00
เปลือกหอย	5.00
กระดูกป่น	10.00
ถั่วเขียว	10.00
รวม	100.00

ตารางที่ 4.19 คุณค่าโภชนะของสูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสุกร

โภชนะ	**เปอร์เซ็นต์**
Methionine	21.16
Lysine	30.03
Calcium	64.66
Phosphorus	22.68
Sodium	2.00
Potassium	6.04
Magnesium	1.52
Iron	0.28
Copper	0.01
Zing	0.07
Manganese	0.32

สูตรที่สองเป็นสูตรสำหรับอาหารไก่ไข่ (ตารางที่ 4.20 และ 4.21) โดยวัตถุดิบที่คัดเลือกใช้ผลิตเป็นสูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารไก่ไข่ ได้แก่ ถั่วขาว (22%) กากงาขี้ม้อน (3%) สาหร่ายสไปรูลิน่า (20%) หนอนแมลงวันลาย (10%) หนอนนกยักษ์ (20%) เปลือกหอยป่น (10%) และกระดูกป่น (15%) เช่นเดียวกับสูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสุกร โดยโภชนะหลักในสูตรสารผสมล่วงหน้าที่ผู้วิจัยมุ่งเน้นและมักไม่เพียงพอในสูตรอาหาร ได้แก่ กรดอะมิโนเมทไธโอนีน และกรดอะมิโนไลซีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นในสัตว์ปีกที่ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น และแร่ธาตุหลัก คือ แคลเซียมและฟอสฟอรัสซึ่งมีความจำเป็นในการสร้างโครงสร้างของร่างกายและสร้างเปลือกไข่สำหรับไก่ไข่

ตารางที่ 4.20 สูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารไก่ไข่

รายการ	**สัดส่วน (%)**
ถั่วขาว	22.00
กากงาขี้ม้อน	3.00
สาหร่ายสไปรูลิน่า	20.00
หนอนแมลงวันลาย	10.00
หนอนนกยักษ์	20.00
เปลือกหอย	10.00
กระดูกป่น	15.00
รวม	100.00

ตารางที่ 4.21 คุณค่าโภชนะของสูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารไก่ไข่

โภชนะ	**เปอร์เซ็นต์**
Methionine	19.82
Lysine	25.30
Calcium	89.70
Phosphorus	27.54
Sodium	1.97
Potassium	5.72
Magnesium	1.35
Iron	0.27
Copper	0.01
Zing	0.05
Manganese	0.09

สูตรที่สามเป็นสูตรสำหรับอาหารไก่เนื้อ (ตารางที่ 4.22 และ4.23) โดยเป็นสูตรสารผสมล่วงหน้าสูตรเดียวกับไก่ไข่ แต่มีอัตราส่วนการใช้ผสมในสูตรอาหารน้อยกว่าครึ่งหนึ่ง เนื่องจากไก่เนื้อมีระยะเวลาการเลี้ยงที่สั้นกว่าไก่ไข่จึงมีความต้องการความเข้มข้นของโภชนะน้อยกว่าไก่ไข่ วัตถุดิบที่คัดเลือกใช้ผลิตเป็นสูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารไก่เนื้อ คือ ถั่วขาว (22%) กากงาขี้ม้อน (3%) สาหร่ายสไปรูลิน่า (20%) หนอนแมลงวันลาย (10%) หนอนนกยักษ์ (20%) เปลือกหอยป่น (10%) และกระดูกป่น (15%) เช่นเดียวกับสูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสุกร โดยโภชนะหลักในสูตรสารผสมล่วงหน้าที่ผู้วิจัยมุ่งเน้นและมักไม่เพียงพอในสูตรอาหาร ได้แก่ กรดอะมิโนเมทไธโอนีน และกรดอะมิโนไลซีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นในสัตว์ปีกที่ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น และแร่ธาตุหลัก คือ แคลเซียมและฟอสฟอรัสซึ่งมีความจำเป็นในการสร้างโครงสร้างของร่างกาย

โดยปริมาณที่ใช้ในการเป็นสารผสมล่วงหน้าในอาหารสุกร อาหารไก่ไข่ และอาหารไก่เนื้อ สามารถให้เสริมในอาหารได้ในปริมาณ 1 กิโลกรัมต่อ 100 กิโลกรัมอาหารสำหรับอาหารสุกร และ 1 กิโลกรัมต่อ 100 กิโลกรัมอาหารสำหรับอาหารไก่ไข่ ส่วนกรณีอาหารไก่เนื้อใช้สารผสมล่วงหน้าอัตราส่วน 500 กรัมต่อ 100 กิโลกรัมอาหาร

ตารางที่ 4.22 สูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารไก่เนื้อ

รายการ	**สัดส่วน (%)**
ถั่วขาว	22.00
กากงาขี้ม้อน	3.00
สาหร่ายสไปรูลิน่า	20.00
หนอนแมลงวันลาย	10.00
หนอนนกยักษ์	20.00
เปลือกหอย	10.00
กระดูกป่น	15.00
รวม	100.00

ตารางที่ 4.23 คุณค่าโภชนะของสูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารไก่ไข่

โภชนะ	เปอร์เซ็นต์
Methionine	19.82
Lysine	25.30
Calcium	89.70
Phosphorus	27.54
Sodium	1.97
Potassium	5.72
Magnesium	1.35
Iron	0.27
Copper	0.01
Zing	0.05
Manganese	0.09

4.4 การศึกษาต้นทุนการผลิตสารผสมล่วงหน้า (premix) เบื้องต้นเพื่อประเมินความคุ้มค่าในการนำไปใช้ประโยชน์

ในการผลิตสารผสมล่วงหน้าเพื่อใช้เป็นแหล่งสารผสมล่วงหน้าในอาหารสัตว์อินทรีย์นี้ ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการประเมินต้นทุนสำหรับการผลิตสารผสมล่วงหน้าเพื่อเป็นข้อมูลที่บ่งบอกถึงความคุมค่าของสูตรสารผสมล่วงหน้านี้ โดยราคาต้นทุนสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสุกร ไก่ไข่ และไก่เนื้อแสดงในตารางที่ 4.24, 4.25 และ 4.26 ตามลำดับ จากตารางเห็นได้ว่าราคาต้นทุนสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสุกรมีราคาที่ใกล้เคียงกับต้นทุนสารผสมล่วงหน้าของไก่ไข่และไก่เนื้อ (524.25 เทียบกับ 529.45 บาทต่อกิโลกรัม) ทั้งนี้อัตราการใช้ในอาหารไก่เนื้อจะมีอัตราการใช้น้อยกว่าอาหารไก่ไข่โดยจะใช้สารผสมล่วงหน้า 500 กรัมต่อ 100 กิโลกรัมอาหาร ดังนั้นราคาต้นทุนสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารไก่เนื้อจะมีราคาต่ำกว่าไก่ไข่ โดยมีราคาต้นทุน 264.73 บาท อย่างไรก็ตาม เมื่อเทียบกับสารผสมล่วงหน้าในทางการค้าแล้วนั้น พบว่า ราคาต้นทุนสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสัตว์อินทรีย์สูงกว่าราคาสารผสมล่วงหน้าในท้องตลาดประมาณ 5 เท่า โดยในท้องตลาดราคาสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสัตว์มีราคาประมาณ 100 บาทต่อกิโลกรัม โดยราคาของวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษานี้อาจเป็นราคาที่สูงกว่าท้องตลาด เนื่องจากการศึกษานี้เป็นเพียงการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ ราคาต้นทุนค่อนข้างสูงโดยถ้าหากมีการส่งเสริมให้มีการผลิตใช้ในปริมาณมากราคาต้นทุนอาจถูกลง

ตารางที่ 4.24 ราคาต้นทุนสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสุกร

รายการ	ราคาต่อกิโลกรัม	สัดส่วน (%)	ราคาต้นทุน/กิโลกรัม
ถั่วขาว	120.00	15.00	18.00
กากงาขี้ม้อน	10.00	10.00	1.00
สาหร่ายสไปรูลิน่า	1,000.00	15.00	150.00
หนอนแมลงวันลาย	1,000.00	15.00	150.00
หนอนนกยักษ์	1,000.00	20.00	200.00
เปลือกหอย	5.00	5.00	0.25
กระดูกป่น	15.00	10.00	1.50
ถั่วเขียว	35.00	10.00	3.50
รวม		100.00	524.25

ตารางที่ 4.25 สูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารไก่ไข่และไก่เนื้อ

รายการ	ราคาต่อกิโลกรัม	สัดส่วน (%)	ราคาต้นทุน/กิโลกรัม
ถั่วขาว	120.00	22.00	26.40
กากงาขี้ม้อน	10.00	3.00	0.30
สาหร่ายสไปรูลิน่า	1,000.00	20.00	200.00
หนอนแมลงวันลาย	1,000.00	10.00	100.00
หนอนนกยักษ์	1,000.00	20.00	200.00
เปลือกหอย	5.00	10.00	0.50
กระดูกป่น	15.00	15.00	2.25
รวม		100.00	529.45

ตารางที่ 4.26 สูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารไก่เนื้อ

รายการ	ราคาต่อกิโลกรัม	สัดส่วน (%)	ราคาต้นทุน/กิโลกรัม
ถั่วขาว	120.00	22.00	26.40
กากงาขี้ม้อน	10.00	3.00	0.30
สาหร่ายสไปรูลิน่า	1,000.00	20.00	200.00
หนอนแมลงวันลาย	1,000.00	10.00	100.00
หนอนนกยักษ์	1,000.00	20.00	200.00
เปลือกหอย	5.00	10.00	0.50
กระดูกป่น	15.00	15.00	2.25
รวม		100.00	529.45
อัตราการใช้สารผสมล่วงหน้าในไก่เนื้อ 500 กรัม/100 กิโลกรัมอาหาร			264.73

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาในเบื้องต้นเป็นการศึกษาการคัดเลือกวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบในการผลิตสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสัตว์อินทรีย์ ทางคณะผู้วิจัยได้มีการรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยก่อนหน้านี้จำนวนมาก ทั้งนี้ในการศึกษานี้ได้ศึกษาถึงคุณสมบัติการเป็นแหล่งโภชนะทั้ง วิตามิน แร่ธาตุ และกรดอะมิโน โดยในกรณีนี้พบว่ามีวัตถุดิบจำนวนมากที่มีคุณสมบัติที่โดดเด่น แต่อย่างไรก็ตาม บางวัตถุดิบไม่สามารถหาได้ง่ายและมีปริมาณมากพอที่ใช้ในการผลิตสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสัตว์อินทรีย์จึงไม่ผ่านการคัดเลือก โดยเกณฑ์การคัดเลือกวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษาเพื่อผลิตสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสัตว์อินทรีย์นอกเหนือจากคุณค่าทางโภชนะแล้วทางผู้วิจัยยังคำนึงถึงการเป็นวัตถุดิบที่สามารถหาได้ง่ายและมีปริมาณมากเพียงพอในการใช้ผลิตจริง ด้วยเหตุผลข้างต้นนี้จึงส่งผลให้มีวัตถุดิบที่ได้ผ่านการคัดเลือกเบื้องต้นจำนวน 20 ชนิด ได้แก่ มะขามป้อม ฝรั่ง มะเขือเทศ ดอกดาวเรือง ฟักทอง งาดำ กะหล่ำปลี แครอท มะเขือม่วง กล้วย กากงา หนอนแมลงวันลาย หนอนนกยักษ์ ถั่วเหลือง ถั่วแดง สาหร่ายสไปรูลิน่า กากกาแฟ งาขี้ม้อน ใบชา ใบหม่อน

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ผ่านการคัดเลือก พบว่า สาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นวัตถุดิบที่มีโปรตีนโดยรวมมากที่สุด (46.32%) อย่างไรก็ตามโปรตีนโดยรวมของสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ใช้ในการศึกษานี้มีปริมาณโปรตีนโดยรวมค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับสาหร่ายสไปรูลิน่าอื่น โดย Seyidoglu *et al.* (2017) รายงานว่าโปรตีนโดยรวมของสาหร่ายสไปรูลิน่ามีปริมาณ 57% อันดับที่สอง คือ หนอนนกยักษ์ (45.45%) และรองลงมาได้แก่ หนอนแมลงวันลาย (43.17%) ทั้งนี้ วัตถุดิบที่มีปริมาณโปรตีนสูงเนื่องจากเป็นวัตถุดิบแหล่งจากสัตว์ ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนชั้นดี ทั้งนี้ หนอนนกยักษ์ยังเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณไขมันโดยรวมสูงที่สุด (42.21%) อย่างไรก็ตาม ตรงข้ามกับวัตถุแหล่งจากสัตว์วัตถุดิบแหล่งจากพืชเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณเยื่อใยโดยรวมสูง เช่น กากงาขี้ม้อน มะเขือเทศ มะเขือม่วง งาขี้ม้อน โดยเมื่อวัตถุดิบยิ่งแก่ยิ่งส่งผลให้ปริมาณเยื่อใยสูงขึ้นตามไปด้วย โดยปริมาณเยื่อใยโดยรวมที่สูงนี้อาจส่งผลต่อระดับการใช้ประโยชน์ได้ของสัตว์โดยเฉพาะสุกรและสัตว์ปีกที่เป็นสัตว์กระเพาะเดี่ยว ไม่สามารถย่อยและใช้ประโยชน์จากเยื่อใยได้มากนัก

จากการศึกษาองค์ประกอบของกรดอะมิโนในวัตถุดิบที่คัดเลือก โดยมุ่งเน้นที่กรดอะมิโนที่จำเป็นหลัก 10 ชนิด ได้แก่ อาร์จินิน (Arg) ฮิสติดีน (His) ทรีโอนิน (Thr) วาลีน (Val) ทริปโตแฟน (Trp) ฟีนิลอะลานิน (Phe) ไอโซลิวซีน(Ilu) ลิวซีน (Lue) ไลซีน (Lys) และเมทไธโอนีน (Met) โดยเฉพาะกรดอะมิโนที่มีความจำเป็นและร่างกายขาดเป็นลำดับแรก (first limiting amino acid) โดยมากในสัตว์ปีกมักขาดเมทไธโอนีนเป็นลำดับแรก และในสุกรมักขาดไลซีนเป็นลำดับแรก และกรดอะมิโนที่จำเป็นและร่างกายขาดเป็นอันดับสอง (second limiting amino acid) โดยในสัตว์ปีกมักขาดไลซีนและในสุกรมักขาดเมทไธโอนีนเป็นลำดับสองเสมอ ดังนั้น กรดอะมิโนทั้งสองชนิดนี้ จึงมีความสำคัญมาก จากการวิเคราะห์ พบว่า ถั่วขาวเป็นวัตถุดิบที่มีกรดอะมิโนไลซีนสูงที่สุด (3.87%) รองลงมา ได้แก่ หนอนนกยักษ์ ถั่วเขียว สาหร่ายสไปรูลิน่า หนอนแมลงวันลาย ถั่วเหลือง และถั่วแดง โดยมีปริมาณไลซีน 2.98, 2.98, 2.64, 2.58, 2.56 และ 1.45% ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของ Zhao *et al.* (2016) ได้รายงานว่าในหนอนนกยักษ์มีปริมาณกรดอะมิโนไลซีนค่อนข้างสูง (5.9%) และหนอนแมลงวันลายที่มีปริมาณกรดอะมิโนไลซีน 2.26% (Spranghers *et al.* (2017) ในส่วนของกรดอะมิโนเมทไธโอนีน พบว่า สาหร่ายสไปรูลิน่าก็เป็นวัตถุดิบที่มีเมทไธโอนีนสูงที่สุด 4.54% รองลงมา คือ ถั่วแดง หนอนนกยักษ์ ถั่วเหลือง และหนอนแมลงวันลาย โดยมีปริมาณเมทไธ

โอนีน 2.88, 2.35, 1.80 และ 1.71% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับพันทิพา (2547) ที่อธิบายว่าถั่วเหลืองและถั่วแดงเป็นแหล่งของกระอะมิโนจำเป็นโดยเฉพาะไลซีนและเมทไธโอนีน อย่างไรก็ตาม วัตถุดิบที่มีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นสูงส่วนใหญ่มาจากวัตถุดิบที่มีโปรตีนสูงเป็นส่วนใหญ่ทั้งแหล่งโปรตีนจากพืชและสัตว์

การศึกษาองค์ประกอบแร่ธาตุได้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ แร่ธาตุหลัก (macro mineral) และแร่ธาตุรอง (micro mineral) โดยแร่ธาตุหลักที่ทำการวิเคราะห์ในการศึกษานี้ประกอบด้วย โซเดียม (Na) แคลเซียม (Ca) โพแทสเซียม (K) ฟอสฟอรัส (P) และแมกนีเซียม (Mg) และแร่ธาตุรองในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) และแมงกานีส (Mn) โดยในการศึกษานี้ได้รายงานในรูปมิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (mg/100g) ดังแสดงในตารางที่ 4.16 จากการศึกษาพบว่า สาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นวัตถุดิบที่มีแร่ธาตุค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับวัตถุดิบอื่น โดยมีโซเดียมสูงถึง 680 mg/100g มีแคลเซียมสูงถึง 450 mg/100g สอดคล้องกับรายงานของ Seyidoglu *et al*. (2017) ที่รายงานว่า สาหร่ายสไปรูลิน่ามีปริมาณของแร่ธาตุค่อนข้างสูง โดยมีแคลเซียมสูงถึง 700 mg/100g ฟอสฟอรัส 800 mg/100g โพแทสเซียม 1,400 mg/100g และโซเดียม 900 mg/100g ทั้งนี้ ความต้องการโภชนะหลักของสัตว์มีความต้องการแคลเซียมและฟอสฟอรัสในปริมาณมาก โดยเฉพาะช่วงกำลังเจริญเติบโต ทั้งนี้เพื่อใช้ในการสร้างเสริมโครงสร้างให้กับร่างกายโดยเฉพาะกระดูกและฟัน ดังนั้น ในการศึกษานี้จึงได้ทำการศึกษาวัตถุดิบแหล่งของแคลเซียมและฟอสฟอรัสโดยตรง ได้แก่ เปลือกหอยและกระดูกป่นโดยมีปริมาณแคลเซียมในเปลือกหอยสูงถึง 32% และในกระดูกป่น 30% ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สามารถหาได้ง่ายและเป็นแหล่งหลักของแคลเซียมและฟอสฟอรัส

การศึกษาการประกอบสูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสัตว์อินทรีย์ผู้วิจัยได้ทำการประกอบสูตรสารผสมล่วงหน้าจำนวน 3 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 4.17, 4.19 และ 4.21 โดยเป็นสูตรสำหรับอาหารสุกร อาหารไก่ไข่ และอาหารไก่เนื้อ โดยวัตถุดิบที่คัดเลือกในสูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสุกร ได้แก่ ถั่วขาว กากงาขี้ม้อน สาหร่ายสไปรูลิน่า หนอนแมลงวันลาย หนอนนกยักษ์ เปลือกหอยป่น กระดูกป่น และถั่วเขียว ส่วนสูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารไก่ไข่และไก่เนื้อ ได้แก่ ถั่วขาว กากงาขี้ม้อน สาหร่ายสไปรูลิน่า หนอนแมลงวันลาย หนอนนกยักษ์ เปลือกหอยป่น และกระดูกป่น โดยโภชนะหลักในสูตรสารผสมล่วงหน้าที่ผู้วิจัยมุ่งเน้นและมักไม่เพียงพอในสูตรอาหาร ได้แก่ กรดอะมิโนเมทไธโอนีน และกรดอะมิโนไลซีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นในสุกรและสัตว์ปีกที่ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น และแร่ธาตุหลัก คือ แคลเซียมและฟอสฟอรัสซึ่งมีความจำเป็นในการสร้างโครงสร้างของร่างกายและสร้างเปลือกไข่สำหรับไก่ไข่ อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของโภชนะยังมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับสารผสมล่วงหน้าในทางการค้าที่เป็นสารสังเคราะห์ โดยในการศึกษานี้ผู้วิจัยต้องทำการปรับสมดุลของวัตถุดิบแต่ละชนิดให้มีความสมดุลและมีปริมาณความเข้มข้นของโภชนะที่เหมาะสมเพียงพอ ทั้งนี้ยังต้องมีการศึกษาถึงต้นทุนในการผลิตสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสัตว์อินทรีย์นี้ต่อไป

ทั้งนี้เมื่อทำการศึกษาต้นทุนการผลิตสำหรับการผลิตสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสุกรและอาหารสัตว์ปีก (ไก่ไข่และไก่เนื้อ) ราคาต้นทุนอาจสูงกว่ากว่าท้องตลาด เนื่องจากการศึกษาต้นทุนนี้เป็นเพียงการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการราคาต้นทุนค่อนข้างสูงโดย หากในอนาคตมีการส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตวัตถุดิบเหล่านี้เป็นปริมาณมากอาจส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตลดลงและสามารถผลิตสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสัตว์อินทรีย์ได้ในราคาที่ถูกลง อย่างไรก็ตาม การใช้สารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสัตว์อินทรีย์อาจสามารถใช้ในปริมาณที่มากกว่าที่แนะนำได้ เนื่องจากเป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติที่ไม่ใช่สารสังเคราะห์ จึงส่งผลให้ความเข้มข้นของโภชนะน้อยกว่าสารผสมล่วงหน้าในทางการค้า การใช้ในปริมาณที่

มากขึ้นอาจส่งผลให้สมรรถภาพการผลิตของสัตว์ดีขึ้น สามารถใช้ประโยชน์จากโภชนะได้มากขึ้น ทั้งนี้ทั้งนั้นการใช้สารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสัตว์อินทรีย์ในปริมาณที่มากขึ้นก็อาจส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตมากขึ้นตามมาด้วย

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

1. ได้ข้อมูลวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติโดดเด่นในการใช้ผลิตสารผสมล่วงหน้าอินทรีย์ โดยประกอบด้วยข้อมูลวัตถุดิบจำนวน 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีความโดดเด่นในการเป็นแหล่งวิตามิน เช่น มะขามป้อม มะเขือเทศ ฟักทอง งาดำ เป็นต้น กลุ่มที่มีความโดดเด่นในการเป็นแหล่งแร่ธาตุ เช่น กากงาขี้ม้อน กากกาแฟ งาดำ เป็นต้น และกลุ่มที่มีความโดดเด่นในการเป็นแหล่งของกรดอะมิโน เช่น กากงา หนอนแมลงวันลาย หนอนนกยักษ์ สาหร่ายสไปรูลิน่า เป็นต้น
2. ได้คัดเลือกวัตถุดิบเบื้องต้นที่คาดว่ามีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้ผลิตสารผสมล่วงหน้าจำนวน 20 ชนิด ได้แก่ มะขามป้อม ฝรั่ง มะเขือเทศ ดอกดาวเรือง ฟักทอง งาดำ กะหล่ำปลี แครอท มะเขือม่วง กล้วย กากงา หนอนแมลงวันลาย หนอนนกยักษ์ ถั่วเหลือง ถั่วแดง สาหร่ายสไปรูลิน่า กากกาแฟ งาขี้ม้อน ใบชา และใบหม่อน
3. ได้ข้อมูลความต้องการโภชนะกลุ่มวิตามิน แร่ธาตุ และกรดอะมิโนของสุกรและสัตว์ปีก โดยสัตว์ปีกได้แบ่งออกเป็นไก่เนื้อและไก่ไข่
4. ได้ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่คัดเลือก พบว่า สาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นวัตถุดิบที่มีโปรตีนโดยรวมมากที่สุด (46.32%) หนอนนกยักษ์เป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณไขมันโดยรวมมากที่สุด (42.21%) นอกจากนี้ ยังพบว่าวัตถุดิบจากพืชส่วนใหญ่จะมีเยื่อใยค่อนข้างสูง โดยมะเขืองม่วงเป็นวัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูงที่สุด (38.33%)
5. ได้ข้อมูลกรดอะมิโนของวัตถุดิบที่คัดเลือก โดยในการศึกษานี้จะมุ่งเป้าที่กรดอะมิโน 2 ชนิด ซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นในสุกรและสัตว์ปีก กรดอะมิโนที่มีความจำเป็นและร่างกายขาดเป็นลำดับแรก (first limiting amino acid) โดยในสัตว์ปีกจะขาดเมทไธโอนีนเป็นลำดับแรก และในสุกรจะขาดไลซีนเป็นลำดับแรก และกรดอะมิโนที่จำเป็นและร่างกายขาดเป็นอันดับสอง (second limiting amino acid) โดยในสัตว์ปีกมักจะขาดไลซีนและในสุกรมักจะขาดเมทไธโอนีนเป็นลำดับสอง พบว่า ถั่วขาวเป็นวัตถุดิบที่มีกรดอะมิโนไลซีนสูงที่สุด (3.87%) และกรดอะมิโนเมไธโอนีน พบว่า สาหร่ายสไปรูลิน่ามีปริมาณกรดอะมิโนเมทไธโอนีนสูงที่สุดเมื่อเทียบกับวัตถุดิบอื่น โดยมีปริมาณกรดอะมิโนเมทไธโอนีน 4.54%
6. ได้ข้อมูลวิตามินของวัตถุดิบที่คัดเลือก โดยพบว่า มะเขือเทศเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณวิตามินเอมากที่สุด (45.03 μg/100g) กลุ่มวัตถุดิบที่มีปริมาณโปรตีนสูงจะมีปริมาณวิตามินอีสูง และมะขามป้อมเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด (687.30 mg/100g)
7. ได้ข้อมูลแร่ธาตุของวัตถุดิบที่คัดเลือก โดยเฉพาะแร่ธาตุสำคัญในการเสริมสร้างโครงสร้างของร่างกาย ได้แก่ แคลเซียมและฟอสฟอรัส โดยพบว่า สาหร่ายสไปรูลิน่ามีปริมาณแคลเซียมค่อนข้างสูง (450.20 mg/100g) และมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงด้วยเช่นกัน (983.99 mg/100g) นอกจากนี้

แล้ว ได้ทำการวิเคราะห์แหล่งของวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของแคลเซียมและฟอสฟอรัสโดยตรง คือ เปลือกหอย (แคลเซียม 32.3%) และกระดูกป่น (แคลเซียม 30.06% และฟอสฟอรัส 13.75%)

8. ได้สูตรสำหรับอาหารสุกร อาหารไก่ไข่ และอาหารไก่เนื้อ โดยใช้วัตถุดิบที่คัดเลือกในสูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสุกร ได้แก่ ถั่วขาว กากงาขี้ม้อน สาหร่ายสไปรูลิน่า หนอนแมลงวันลาย หนอนนกยักษ์ เปลือกหอยป่น กระดูกป่น และถั่วเขียว ส่วนสูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารไก่ไข่และอาหารไก่เนื้อ ได้แก่ ถั่วขาว กากงาขี้ม้อน สาหร่ายสไปรูลิน่า หนอนแมลงวันลาย หนอนนกยักษ์ เปลือกหอยป่น และกระดูกป่น โดยสามารถใช้ผสมอาหารเลี้ยงสุกรและไก่ไข่ได้ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อ 100 กิโลกรัมอาหาร ส่วนอาหารไก่เนื้อสามารถใช้ได้ในอัตราส่วน 500 กรัมต่อ 100 กิโลกรัมอาหาร
9. ได้ราคาต้นทุนเบื้องต้นสำหรับการผลิตสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสัตว์อินทรีย์ โดยราคาสูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารสุกรมีราคา 524.25 บาท/กิโลกรัม ต้นทุนการผลิตของสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารไก่ไข่มีราคา 529.45 บาท/กิโลกรัม และต้นทุนการผลิตของสารผสมล่วงหน้าสำหรับอาหารไก่เนื้อมีราคา 264.73 บาท/กิโลกรัม เทียบตามอัตราส่วนการใช้สารผสมล่วงหน้าที่สุกรและไก่ไข่ได้ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อ 100 กิโลกรัมอาหาร ส่วนอาหารไก่เนื้อสามารถใช้ได้ในอัตราส่วน 500 กรัมต่อ 100 กิโลกรัมอาหาร

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาแนวทางเพื่อผลิตอาหารสัตว์อินทรีย์ โดยส่วนนี้เป็นการศึกษาเพื่อผลิตสารผสมล่วงหน้าอินทรีย์ การศึกษานี้ยังเป็นการศึกษาในขั้นต้น ดังนั้น ผลการศึกษาที่ได้ยังเป็นแค่การศึกษาในขั้นพื้นฐานจากการวิเคราะห์และคำนวณในห้องปฏิบัติการ โดยผลการศึกษาจะสัมฤทธิ์ผลได้ต้องมีการศึกษาการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงโดยการศึกษาการย่อยได้ทั้งในห้องปฏิบัติการ (*In vitro*) และในตัวสัตว์ (*In vivo*) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนเหมาะสมในการพิจารณาประกอบสูตรสารผสมล่วงหน้าสำหรับประกอบอาหารสัตว์อินทรีย์ต่อไป นอกจากนี้ จากการศึกษานี้ยังเป็นแนวทางสำหรับเกษตรกรในการผลิตวัตถุดิบต่าง ๆ เหล่านี้เพื่อเป็นแหล่งสำหรับสารผสมล่วงหน้าได้เอง เช่น การเลี้ยงหนอนแมลงวันลาย การเลี้ยงหนอนนกยักษ์ เป็นต้น ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตอาหารลดลงได้อีกทางเช่นกัน

ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

1. การคัดเลือกวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษาค่อนข้างยาก เนื่องจากโดยมากวัตถุดิบส่วนใหญ่ไม่มีความเข้มข้นของโภชนะมาก

2. การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการค่อนข้างล่าช้าเนื่องจากเครื่องมือหลายชนิดค่อนข้างมีอายุมาก ส่งผลให้เกิดปัญหาในการใช้งานอยู่บ่อยครั้ง