บทที่ 4

ผลการทดลอง

ปริมาณสารฟอร์บอลเอสเทอร์ในกากสบู่ดำ

จากการเปรียบเทียบกระบวนการลดสารพิษในกากสบู่ดำ โดยทำการศึกษา 2 แบบ คือ 1) แบบไม่ผ่านความร้อนซึ่งทำโดยใส่ 90% เอทธานอล ลงไปในกากสบู่ดำในอัตราส่วน 10:1 (v/w) ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชม. แล้วล้างด้วยน้ำจนหมดกลิ่น และ 2) แบบผ่านความร้อนทั้งชนิด autoclave นึ่ง และต้ม พร้อมทั้งใส่สารแช่ชนิดต่างๆ รวม 10 วิธี ตามที่แสดงไว้ในตาราง 4 ผลแสดงไว้ในตาราง 12 ปรากฏว่า การแช่กากสบู่ดำด้วย 90% เอทธานอล เป็นเวลา 2 ชม. โดยไม่ผ่านความร้อน ทำให้ปริมาณฟอร์บอลเอสเทอร์ลดลงจาก 1.714 มก./ก. เหลือ 0.224 มก./ก. เท่ากับลดลงได้ 86.9% แต่เมื่อนำไปผ่านกระบวนการต่ออีกโดยใส่ 0.07% $NaHCO_3$ และนำไป autoclave เป็นเวลา 20 นาที ชะล้างด้วยน้ำ กลับทำให้สารฟอร์บอลเอสเทอร์ลดลงได้น้อยกว่าใช้ 90% เอทธานอลเพียงอย่างเดียว แต่ก็ลดลงได้มากกว่าใช้สารแช่ชนิด 0.07% $NaHCO_3$ อย่างเดียว และนำไป autoclave (0.596 vs. 0.874 มก./ก. หรือเท่ากับลดสารพิษได้ 65.2 vs. 49.0% ตามลำดับ) การใช้ 4% NaOH เพียงอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับ 10% NaOCl แช่กากสบู่ดำก่อนนำไป autoclave เป็นเวลา 20 นาที ทั้งที่ไม่มีหรือมี 92% เมทธานอลเป็นตัวชะล้างก่อนใช้น้ำล้างจนหมดกลิ่น ช่วยลดสารพิษฟอร์บอลเอสเทอร์ได้ 57.1-80.2% ทั้งนี้การใช้ 92% เมทธานอล เป็นตัวชะล้างร่วมกับน้ำ กลับทำให้ปริมาณสารพิษลดลงได้น้อยกว่าใช้น้ำเป็นตัวชะล้างเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ดี การไม่ใช้สารเคมี (90% เอทธานอล, 0.07% $NaHCO_3$, 4% NaOH หรือ 10% NaOCl) เป็นตัวแช่กากสบู่ดำก่อนนำไปผ่านความร้อน ด้วยการต้มหรือนึ่ง เป็นเวลา 40 นาที ช่วยลดสารพิษได้ 98.5 และ 82.7% ตามลำดับ ในขณะที่การใช้วิธี autoclave แบบแช่น้ำก่อนสามารถลดสารพิษได้ 98.5% แต่ถ้าไม่ได้แช่น้ำกลับลดลงได้เพียง 60.8% ทั้งๆ ที่ใช้ 92% เมทธานอล และน้ำเป็นตัวชะล้างเหมือนกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 12 ปริมาณสารฟอร์บอลเอสเทอร์ที่เหลือในกากสบู่ดำชนิดไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการลดสารพิษ

ชนิด/สารที่ใช้แช่กากสบู่ดำ	วิธีการลดสารพิษ		ฟอร์บอลเอสเทอร์	
	วิธีให้ความร้อน	การชะล้าง	(มก./ก.)	(% ที่ลดได้)
1) ควบคุม (ไม่ผ่านการลดสารพิษ)			1.714	-
ผ่านการลดสารพิษ				
2) 90% เอทธานอล	-[1/]	น้ำ	0.224	86.93
3) -	autoclave[2/]	เมทธานอล + น้ำ	0.672	60.79
4) น้ำ	autoclave[2/]	เมทธานอล + น้ำ	0.026	98.48
5) 0.07% $NaHCO_3$	autoclave[2/]	น้ำ	0.874	49.01
6) 90% เอทธานอล + 0.07% $NaHCO_3$	-[1/] + autoclave[2/]	น้ำ / น้ำ	0.596	65.23
7) 4% NaOH	autoclave[2/]	เมทธานอล + น้ำ	0.525	69.37
8) 4% NaOH	autoclave[2/]	น้ำ	0.340	80.16
9) 4% NaOH + 10%NaOCl	autoclave[2/]	น้ำ	0.735	57.12
10) -	ต้ม[3/]	เมทธานอล + น้ำ	0.025	98.54
11) -	นึ่ง[3/]	เมทธานอล + น้ำ	0.296	82.73

[1/] ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

[2/] อุณหภูมิ 121 °ซ , แรงดัน 15 psi. เป็นเวลา 20 นาที

[3/] อุณหภูมิ 100 °ซ เป็นเวลา 40 นาที (นับจากน้ำเดือด)

องค์ประกอบทางเคมีของกากสบู่ดำ

จากการนำกากสบู่ดำที่ไม่ผ่านและผ่านกระบวนการลดสารพิษฟอร์บอลเอสเทอร์ทั้ง 10 วิธี ตามที่แสดงไว้ในตาราง 4 ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้ผลดังแสดงไว้ในตาราง 13 คือ มีปริมาณวัตถุแห้ง เท่ากับ 92.35 และ 92.57% ตามลำดับ ส่วนโภชนะอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นไขมัน ซึ่งพบว่า เมื่อนำกากสบู่ดำไปผ่านขบวนการลดสารพิษจะทำให้มีปริมาณไขมันลดลงเกือบครึ่ง (16.55 vs. 26.78% DM) ค่าพลังงานรวมก็ลดลงตามไปด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องจากในกระบวนการลดสารพิษมีการใช้ความร้อนและ/หรือสารเคมีที่ละลายไขมันได้ เมื่อนำค่าดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง พบว่ามีปริมาณโปรตีนต่ำกว่ากากถั่วเหลืองครึ่งหนึ่ง (26.86-27.08 vs. 49.4% DM) ในขณะที่มีปริมาณไขมันและเยื่อใยสูงกว่าหลายเท่า (16.55-26.78 vs. 0.90% ของ DM และ 21.00-22.73 vs. 7.90% ของ DM, ตามลำดับ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 13 องค์ประกอบทางโภชนะของกากสบู่ดำที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการลดสารพิษฟอร์บอลเอสเทอร์ เทียบกับกากถั่วเหลือง

	ชนิดกากสบู่ดำ[1/] (% DM)		กากถั่วเหลือง
	ไม่ผ่านการลดสารพิษ	ผ่านการลดสารพิษ[2/]	(NRC, 1994)
วัตถุแห้ง (%)	92.35	92.57±0.133	89.00
โปรตีน	26.86	26.34±0.664	49.40
ไขมัน	26.78	18.20±0.962	0.90
เยื่อใย	21.00	22.25±0.241	7.90
เถ้า	6.15	5.17±0.210	-
NFE	19.21	28.04±0.951	-
อินทรียวัตถุ	93.85	94.83±0.049	-
พลังงานรวม (kcal/g.)	5.03	4.90±0.090	-

[1/] วิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[2/] ข้อมูลเฉลี่ยจาก 10 วิธี ส่วนผลข้อมูลในแต่ละวิธีดูรายละเอียด ได้ในตารางภาคผนวก ข.1

การย่อยได้ของกากสบู่ดำ

วิธีกรอกกากสบู่ดำทางปาก

การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ของกากสบู่ดำที่ไม่ผ่าน และผ่านการลดสารพิษโดยเลือกวิธีการต้มและวิธีการนึ่ง แล้วล้างด้วย 92% เมทธานอลและน้ำ เมื่อนำมากรอกเข้าทางปากไก่ไข่เพศผู้ตัวละ 30 ก./เพียงครั้งเดียว ผลปรากฏว่า การย่อยได้ที่แท้จริงของโปรตีน และอินทรียวัตถุของกลุ่มที่ผ่านการลดสารพิษทั้งสองวิธี มีค่าใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ผ่านการลดสารพิษ กล่าวคือ มีค่าเท่ากับ 79.93 และ 73.42 vs. 80.76% และ 68.69 และ 65.99 vs. 72.15% ตามลำดับ ในขณะที่การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และไขมันในกลุ่มที่ลดสารพิษ มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ลดสารพิษอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กล่าวคือ มีค่าเท่ากับ 65.37 และ 62.36 vs. 71.86% และ 60.75 และ 57.65 vs. 71.54% ตามลำดับ (ตาราง 14)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 14 การย่อยได้* ของกากสบู่ดำที่ไม่ผ่าน และผ่านการลดสารพิษฟอร์บอลเอสเทอร์ ด้วยวิธีการต้ม หรือนึ่งร่วมกับการใช้ 92% เมทธานอลและน้ำเป็นตัวชะล้าง เมื่อศึกษาด้วยวิธีกรอกทางปาก (ค่าเฉลี่ย ± S.D.)

การย่อยได้ที่แท้จริง (%)	ชนิดของกากสบู่ดำ		
	ควบคุม (ดิบ)	ต้ม[1/]	นึ่ง[1/]
วัตถุแห้ง	71.86 ± 4.72[ก]	65.37 ± 5.76[ข]	62.36 ± 5.23[ข]
โปรตีน	80.76 ± 7.53	79.93 ± 9.99	73.42 ± 9.16
ไขมัน	71.54 ± 7.81[ก]	60.75 ± 7.80[ข]	57.65 ± 8.09[ข]
อินทรียวัตถุ	72.15 ± 5.06	68.69 ± 4.56	65.99 ± 5.08

* การย่อยได้นี้เป็นแบบอนุโลม เพราะในการศึกษาไม่ได้แยกปัสสาวะออกจากมูล

[ก ข] ค่าเฉลี่ยในแต่ละแถวที่มีอักษรกำกับไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1/] อุณหภูมิ 100 °ซ นับจากน้ำเดือด เป็นเวลา 40 นาที

S.D. = Standard deviation

วิธีใช้กากสบู่ดำแทนที่อาหารฐาน

จากการใช้กากสบู่ดำทั้งที่ไม่ผ่าน และผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่ง แล้วชะล้างด้วย 92% เมทธานอลและน้ำ เมื่อนำไปแทนที่ในอาหารฐานระดับต่างๆ (0, 10, 20 และ 30%) เพื่อศึกษาการย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ผลแสดงไว้ในตาราง 15 ปรากฏว่า การย่อยได้ของโภชนะในกากสบู่ดำทั้ง 2 ชนิด ลดลงตามการเพิ่มระดับกากสบู่ดำในอาหาร ในขณะที่การย่อยได้ของไขมันเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกากสบู่ดำมีเยื่อใยสูง จึงทำให้อาหารทดลองมีเยื่อใยสูงขึ้นตามระดับกากสบู่ดำในอาหาร ดังจะเห็นได้จากการย่อยได้ของเยื่อใยในสูตรอาหารฐาน (4.85% CF, ตาราง 5) ที่ย่อยได้เพียง 56.47% ในขณะที่สูตรอาหารที่มีกากสบู่ดำทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการลดสารพิษแทนที่อาหารฐานระดับ 30% (9.40% CF) ย่อยได้เพียง 21.35 และ 23.59% ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบชนิดของกากสบู่ดำจากการให้กากสบู่ดำแทนที่อาหารฐานทุกระดับ พบว่า พบว่า กากสบู่ดำที่ไม่ผ่านการลดสารพิษมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุดีกว่า ในขณะที่การย่อยได้ของไขมัน และ NFE ต่ำกว่ากากสบู่ดำที่ผ่านการลดสารพิษโดยการนึ่งอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$; 70.66 vs. 66.71, 68.19 vs. 63.68, 81.37 vs. 86.54 และ 63.04 vs. 66.79 ตามลำดับ) ส่วนการย่อยได้ของโปรตีนและเยื่อใยในกากสบู่ดำทั้ง 2 ชนิดไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ยังพบสหสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างชนิดกับระดับของกากสบู่ดำในกรณีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ ไขมัน และ NFE ด้วย

ตาราง 15 การย่อยได้* ของโภชนะในสูตรอาหารทดลองที่ใช้กากสบู่ดำแทนที่อาหารฐานระดับต่างๆ

% กากสบู่ดำที่ใช้แทนที่อาหารฐาน	วัตถุแห้ง	อินทรียวัตถุ	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	NFE
ไม่ผ่านการลดสารพิษ						
0	75.13^{ก}	73.51^{ก}	81.45^{ก}	79.68^{ก}	56.77^{ก}	75.51^{ก}
10	73.12^{ก}	70.62^{ก}	81.54^{ก}	83.80^{กข}	40.91^{ขค}	60.25^{ขค}
20	69.83^{ข}	67.20^{ข}	65.58^{ข}	80.88^{ขค}	38.74^{ขค}	54.14^{ค}
30	64.54^{ค}	61.42^{ค}	42.64^{ง}	81.10^{ขค}	35.71^{ค}	62.24^{ขค}
เฉลี่ย	**70.66^{a}**	**68.19^{a}**	**67.80**	**81.37^{b}**	**43.03**	**63.04^{b}**
ผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่ง						
0	75.13^{ก}	73.51^{ก}	81.45^{ก}	79.68^{ก}	56.77^{ก}	75.51^{ก}
10	69.61^{ข}	66.70^{ข}	76.57^{ก}	92.57^{ก}	50.86^{กข}	68.55^{กข}
20	64.26^{ค}	60.85^{ค}	63.40^{ข}	88.91^{ข}	46.94^{ข}	63.93^{ขค}
30	57.84^{ง}	53.66^{ง}	48.12^{ค}	85.01^{ข}	36.35^{ค}	59.17^{ค}
เฉลี่ย	**66.71^{b}**	**63.68^{b}**	**67.39**	**86.54^{a}**	**47.73**	**66.79^{a}**
Probability						
ระดับกากสบู่ดำ	**	**	*	**	*	*
ชนิดกากสบู่ดำ	**	**	NS	**	NS	**
ชนิดกากสบู่ดำ×ระดับกากสบู่ดำ	*	*	NS	**	NS	*

* เช่นเดียวกับตาราง 14 $^{1/}$ ชนิดของกากสบู่ดำมีผลต่อระดับกากสบู่ดำที่ใช้แทนที่อาหารฐาน

$^{ก,ง,a\,b}$ ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่มีอักษรกำกับไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ในกากสบู่ดำที่ผ่าน และไม่ผ่านการลดสารพิษ เมื่อคำนวณด้วยวิธี Different method และ Regression method ได้ผลดังแสดงไว้ในตาราง 16 ปรากฏว่า ค่าการย่อยได้ของโภชนะส่วนใหญ่ที่ศึกษาจากวิธีการทั้งสองไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเฉลี่ยจากทั้งสองวิธี พบว่า โปรตีนในกากสบู่ดำทั้ง 2 ชนิด ใช้ประโยชน์ได้น้อย (9.96 vs. 11.03%) ในขณะที่ไขมันสามารถใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างมากในกากสบู่ดำที่ผ่านและไม่ผ่านการลดสารพิษ (67.77 vs. 76.04%) สำหรับอินทรียวัตถุใช้ประโยชน์ได้พอควรในกากสบู่ดำทั้ง 2 ชนิด (26.50 vs. 25.08%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตามลำดับ) แต่กากสบู่ดำดังกล่าวนี้ใช้ประโยชน์ได้น้อยจากวัตถุแห้ง เยื่อใย และ NFE (19.5 vs. 16.76% ; 22.92 vs. 16.92% และ 18.40 vs. 21.12%, ตามลำดับ)

ตาราง 16 ค่าการย่อยได้[1/] (%) ของกากสบู่ดำเมื่อคำนวณโดยวิธี Different method และ Regression method

	ไม่ผ่านการลดสารพิษ			ผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่ง		
	Different Method[2/]	Regression Method[3/]	เฉลี่ย	Different method[1/]	Regression method[2/]	เฉลี่ย
วัตถุแห้ง	16.29	22.82	19.55	15.42	18.10	16.76
อินทรียวัตถุ	18.55	34.44	26.50	31.07	19.09	25.08
โปรตีน	4.67	15.25	9.96	10.90	11.16	11.03
ไขมัน	65.67	69.87	67.77	79.68	72.40	76.04
เยื่อใย	18.39	27.44	22.92	21.54	12.31	16.92
NFE	14.96	21.85	18.40	21.01	21.23	21.12

[1/] เช่นเดียวกับตาราง 14

[2/] การย่อยได้ของโภชนะในกากสบู่ดำ = $\dfrac{\left[\text{ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ในสูตรอาหารที่ระดับทดสอบ}\right] - \left[\text{โภชนะนั้นที่ได้รับจากอาหารฐาน} \times \text{\%การย่อยได้ของโภชนะในอาหารฐาน}\right]}{\text{ปริมาณโภชนะที่ได้รับจากกากสบู่ดำ}}$

[3/] สมการคาดคะเนสำหรับทำนายค่าการย่อยได้ของโภชนะแต่ละชนิด ดังนี้

	กากสบู่ดำชนิดไม่ผ่านการลดสารพิษ	กากสบู่ดำชนิดผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่ง
วัตถุแห้ง	; $Y = 75.219 - 0.531X_1$ (r = 0.888 n = 16)	$Y = 75.295 - 0.572X_2$ (r = 0.966 n = 16)
อินทรียวัตถุ	; $Y = 74.139 - 0.397X_1$ (r = 0.897 n = 16)	$Y = 73.487 - 0.544X_2$ (r = 0.968 n = 16)
โปรตีน	; $Y = 87.663 - 0.724X_1$ (r = 0.921 n = 16)	$Y = 84.363 - 0.732X_2$ (r = 0.949 n = 16)
ไขมัน	; $Y = 81.166 - 0.113X_1$ (r = 0.950 n = 16)	$Y = 84.698 - 0.123X_2$ (r = 0.729 n = 16)
เยื่อใย	; $Y = 52.836 - 0.254X_1$ (r = 0.745 n = 16)	$Y = 57.509 - 0.452X_2$ (r = 0.892 n = 16)
NFE	; $Y = 67.951 - 0.461X_1$ (r = 0.881 n = 16)	$Y = 74.832 - 0.536X_2$ (r = 0.848 n = 16)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากสบู่ดำ

วิธีกรอกกากสบู่ดำทางปาก

จากการให้ไก่ไข่เพศผู้ได้รับกากสบู่ดำล้วนๆ (30 ก./เพียงครั้งเดียว) ด้วยวิธีกรอกปาก เพื่อหาค่า ME ผลแสดงไว้ในตาราง 17 ปรากฏว่า ME แบบปรากฏ (AME) มีค่าต่ำกว่าค่า ME แบบแท้จริง (TME) ทั้งในกากสบู่ดำชนิดที่ไม่ผ่านและผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการต้ม หรือนึ่งแล้วใช้ 92% เมทธานอลและน้ำเป็นตัวชะล้าง (2.141 vs. 2.442, 2.133 vs. 2.434 และ 2.149 vs. 2.445 kcal/g DM, ตามลำดับ) ทั้งนี้เนื่องจากค่า TME มีการนำค่า endogenous loss มาลบออกจากสิ่งขับถ่ายด้วย แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของกากสบู่ดำ พบว่า กากสบู่ดำทั้งชนิดที่ไม่ผ่าน และผ่านการลดสารพิษมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ใกล้เคียงกัน กล่าวคือ มีค่า AME อยู่ระหว่าง 2.141 vs. 2.133-2.149 และ TME 2.442 vs. 2.434-2.445 kcal/g DM, ตามลำดับซึ่งให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

ตาราง 17 ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้แบบปรากฏและแท้จริง (AME และ TME) ของกากสบู่ดำที่ไม่ผ่าน (กลุ่มควบคุม) และผ่านการลดสารฟอร์บอลเอสเทอร์ ด้วยวิธีการต้ม หรือนึ่งร่วมกับการใช้ 92% เมทธานอลและน้ำเป็นตัวชะล้าง (kcal/g. DM)

เบอร์ไก่	AME			TME		
ทดลอง	ควบคุม	ต้ม[1/]	นึ่ง[1/]	ควบคุม	ต้ม[1/]	นึ่ง[1/]
1	2.118	2.396	2.139	2.420	2.698	2.436
2	2.019	2.048	2.261	2.320	2.349	2.557
3	2.038	1.965	2.090	2.339	2.266	2.387
4	2.106	2.074	2.148	2.407	2.376	2.445
5	2.228	2.257	2.241	2.529	2.558	2.538
6	2.337	2.056	2.013	2.638	2.357	2.309
เฉลี่ย	**2.141**	**2.133**	**2.149**	**2.442**	**2.434**	**2.445**
S.D.	0.121	0.161	0.093	0.121	0.161	0.093
S.E.M.	0.08	0.11	0.06	0.08	0.10	0.06

[1/] อุณหภูมิ 100 °ซ นับจากน้ำเดือด เป็นเวลา 40 นาที

S.D. = Standard deviation

S.E.M. = Standard error of mean

ทุกกลุ่มให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีใช้กากสบู่ดำแทนที่อาหารฐาน

การใช้กากสบู่ดำที่ไม่ผ่านและผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่ง แล้วใช้ 92% เมทธานอล และน้ำเป็นตัวชะล้าง แทนที่อาหารฐานที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30% พบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนการแทนที่ของกากสบู่ดำให้สูงขึ้น ค่า AME ของสูตรอาหารทดลองจากการใช้กากสบู่ดำทั้ง 2 ชนิด มีค่าลดลง กล่าวคือ ลดลงจาก 3.113 เป็น 2.910, 2.881 และ 2.863 kcal/g DM และ 3.113 เป็น 3.085, 3.074 และ 2.960 kcal/g DM ตามลำดับ

เมื่อนำค่า AME ของอาหารทดลองแต่ละสูตรนี้ไปเข้าสมการคาดคะเนเส้นตรง เพื่อคำนวณค่า AME ของกากสบู่ดำ (ที่ระดับ 100%) ผลปรากฏว่า กากสบู่ชนิดที่ไม่ผ่านและผ่านการลดสารพิษมีค่า AME เท่ากับ 2.258 และ 2.329 kcal/g DM ตามลำดับ (ตาราง 18) โดยสมการคาดคะเนเส้นตรงมีดังนี้

แบบใช้กากสบู่ดำที่ไม่ผ่านการลดสารพิษ

$$Y = 3.058 - 0.008X \quad (r = 0.863 ; n = 16)$$

แบบใช้กากสบู่ดำที่ผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่ง

$$Y = 3.129 - 0.008X \quad (r = 0.805 ; n = 16)$$

เมื่อ Y = ค่า AME ของกากสบู่ดำ (kcal/g. DM)

X = ระดับการใช้กากสบู่ดำแทนที่ในอาหารฐาน (%)

r = ค่าสหสัมพันธ์

n = จำนวนข้อมูลที่ใช้คำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 18 ค่า AME ของสูตรอาหารและกากสบู่ดำชนิดไม่ผ่านและผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่ง ที่ศึกษาในไก่ไข่เพศผู้โดยวิธีการแทนที่ในอาหารฐานระดับต่างๆ เปรียบเทียบกับวิธีกรอกกากสบู่ดำทางปาก

ระดับกากสบู่ดำที่ใช้แทนที่อาหารฐาน (%)	ไม่ผ่านการลดสารพิษ		ผ่านการลดสารพิษ	
	$AME_{สูตรอาหาร}$	$AME^{1/}_{กากสบู่ดำ}$	$AME_{สูตรอาหาร}$	$AME^{1/}_{กากสบู่ดำ}$
	← (kcal/g. DM) →			
0 (อาหารฐาน)	3.113	-	3.113	-
10	2.910	1.083	3.085	2.841
20	2.881	1.954	3.074	2.922
30	2.863	2.280	2.960	2.603
เฉลี่ย	-	1.772 ± 0.62	-	2.788 ± 0.17
100 (Regression)	-	2.258	-	2.329
100 (Force feeding)[2/]	-	2.141 ± 0.121	-	2.149 ± 0.09

[1/] คำนวณด้วยสูตร $AME_{กากสบู่ดำ} = \frac{AME_{อาหารผสมที่ระดับทดสอบ} - (\%\ อาหารฐานที่ระดับทดสอบ \times AME_{อาหารฐาน})}{\%กากสบู่ดำที่ระดับนั้นๆ}$

[2/] ดูตาราง 17

การใช้กากสบู่ดำเป็นอาหารไก่เนื้อ

สมรรถภาพการผลิต

เมื่อใช้กากสบู่ดำที่ผ่านการนึ่ง เป็นเวลา 40 นาที แล้วใช้ 92% เมทธานอลและน้ำเป็นตัวชะล้าง เพื่อลดสารฟอร์บอลเอสเทอร์ ผสมในอาหารไก่เนื้อเพศผู้ที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20% ในช่วงไก่อายุ 2-6 สัปดาห์ ผลปรากฏว่า สมรรถภาพการผลิต (น้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราแลกน้ำหนัก) ด้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามระดับการเพิ่มขึ้นของกากสบู่ดำในอาหาร ตรงข้ามกับอัตราการตายที่มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามการเพิ่มกากสบู่ดำในอาหารเช่นกัน ยกเว้นการใช้ที่ระดับ 5% ให้ผลไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังพบอาการข้อขาบวมเกิดขึ้นกับตัวไก่ ทำให้ไก่ไม่สามารถยืนและเดินไปกินอาหารและน้ำได้ ปริมาณอาหารที่ไก่กินได้จึงลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อใช้กากสบู่ดำระดับสูง ส่งผลให้สมรรถภาพการผลิต และอัตราการตายด้อยลงดังได้กล่าวแล้ว (ตาราง 19)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 19 สมรรถภาพการผลิต และอัตราการตายของไก่เนื้อเมื่อได้รับอาหารที่มีกากสบู่ดำที่ผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่ง ร่วมกับใช้ 92% เมทธานอลและน้ำเป็นตัวชะล้างระดับต่างๆ ในช่วงอายุ 2-6 สัปดาห์

กากสบู่ดำในอาหาร (%)	น้ำหนักตัวเพิ่ม (กก.)[1/]	ปริมาณอาหารที่กิน (กก.)[1/]	อัตราแลกน้ำหนัก	อัตราการตาย (%)
0	2.31[ก]	4.16[ก]	1.80[ง]	3.21[ง]
5	1.99[ข]	3.77[ข]	1.90[ค]	2.86[ง]
10	1.56[ค]	2.99[ค]	1.92[ค]	23.08[ค]
15	1.19[ง]	2.39[ง]	2.01[ข]	64.18[ข]
20	0.91[จ]	1.98[จ]	2.19[ก]	85.36[ก]
S.E.M.	0.006	0.92	0.03	7.67

[ก-จ] ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่มีอักษรกำกับไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1/] น้ำหนักตัวเพิ่มและปริมาณอาหารที่กินของลูกไก่ในสัปดาห์แรก (อายุ 1-7 วัน) เท่ากับ 138.65 และ 136.08 ก./ตัว ตามลำดับ ซึ่งไม่ได้นำมารวมด้วย

S.E.M. = Standard error of mean

เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตของไก่ ซึ่งจากการศึกษาได้ลดระดับโปรตีนในสูตรอาหารลงช่วงละ 2% ผลแสดงไว้ในตาราง 20 ปรากฏว่า ในช่วงไก่อายุ 2-3 สัปดาห์ การใช้กากสบู่ดำในอาหารระดับ 5-15% มีอัตราแลกน้ำหนักไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($P>0.05$; มีค่าระหว่าง 1.26-1.37) แต่น้ำหนักตัวเพิ่มและปริมาณอาหารที่กินด้อยกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนในช่วงไก่อายุ 4-5 สัปดาห์ การใช้กากสบู่ดำในสูตรอาหารระดับ 0-5% มีอัตราแลกน้ำหนักไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ มีค่าระหว่าง 1.79-1.87 แต่ถ้าใช้ในระดับที่สูงกว่านี้ อัตราแลกน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (1.95-2.05 vs. 1.79, ตามลำดับ) อย่างไรก็ดี การใช้กากสบู่ดำในทุกระดับ (5-20%) มีผลทำให้ไก่กินอาหารได้น้อยลง และมีน้ำหนักตัวเพิ่มด้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนอัตราการตายจะพบว่า มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อใช้ตั้งแต่ระดับ 10% ขึ้นไป สำหรับสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง (อายุไก่ 6 สัปดาห์) ปรากฏว่า การใช้กากสบู่ดำที่ลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่งในสูตรอาหารทุกระดับ มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตเลวกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นอัตราการตายซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 1.45 และ 1.82% หรือเท่ากับมีไก่ตายจำนวน 4 และ 5 ตัว ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 20 สมรรถภาพการผลิต และอัตราการตายของไก่เนื้อเพศผู้ในแต่ละช่วงอายุ เมื่อได้รับอาหารที่มีกากสบู่ดำที่ผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่ง ร่วมกับใช้ 92% เมทธานอล และน้ำเป็นตัวชะล้างระดับต่างๆ

กากสบู่ดำในอาหาร(%)	น้ำหนักตัวเพิ่ม (กก.)	ปริมาณอาหารที่กิน (กก.)	อัตราแลกน้ำหนัก	อัตราการตาย (%)
สัปดาห์ที่ 2-3				
0	0.646^{ก}	0.810^{ก}	1.26^{ข}	0.36^{ค}
5	0.543^{ข}	0.714^{ข}	1.32^{ข}	0.36^{ค}
10	0.507^{ค}	0.687^{ข}	1.36^{ข}	1.43^{ขค}
15	0.399^{ง}	0.547^{ค}	1.37^{ข}	2.50^{ข}
20	0.301^{จ}	0.463^{ง}	1.54^{ก}	6.07^{ก}
S.E.M.	0.12	0.13	0.27	2.34
สัปดาห์ที่ 4-5				
0	1.131^{ก}	2.022^{ก}	1.79^{ค}	1.08^{ง}
5	0.983^{ข}	1.808^{ข}	1.84^{ขค}	0.95^{ง}
10	0.748^{ค}	1.399^{ค}	1.87^{ขค}	8.38^{ค}
15	0.568^{ง}	1.107^{ง}	1.95^{กข}	40.69^{ข}
20	0.407^{จ}	0.830^{จ}	2.05^{ก}	69.60^{ก}
S.E.M.	0.30	0.49	0.27	6.25
สัปดาห์ที่ 6				
0	0.5^{535ก}	1.332^{ก}	2.49^{จ}	1.82^{ง}
5	0.465^{ข}	1.250^{ข}	2.70^{ง}	1.45^{ง}
10	0.302^{ค}	0.898^{ค}	2.98^{ค}	14.82^{ค}
15	0.221^{ง}	0.735^{ง}	3.34^{ข}	38.00^{ข}
20	0.197^{ง}	0.684^{ง}	3.47^{ก}	49.12^{ก}
S.E.M.	0.15	0.30	0.86	4.48

$^{ก-จ}$ ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่มีอักษรกำกับไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

S.E.M. = Standard error of mean

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซ็นต์ซากและอวัยวะภายใน

เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองที่ไก่อายุ 6 สัปดาห์ ได้สุ่มไก่มาจำนวน 2 ตัว/ซ้ำ (8 ตัว/กลุ่ม) ทำการชำแหละเพื่อศึกษาคุณภาพซาก ผลแสดงในตาราง 21 ปรากฏว่า เปอร์เซ็นต์ซาก มีสัดส่วนลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามระดับการเพิ่มขึ้นของกากสบู่ดำในอาหาร แต่ทุกกลุ่มมีเปอร์เซ็นต์ซากสูงกว่า 80% ส่วนอวัยวะภายใน ซึ่งศึกษาเฉพาะเครื่องในรวมและไขมันในช่องท้อง ผลปรากฏว่า สัดส่วนของเครื่องในรวมมีค่าสูงขึ้น ในขณะที่ไขมันในช่องท้องมีการสะสมลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามระดับการเพิ่มขึ้นของกากสบู่ดำในอาหาร โดยจะลดต่ำสุดเหลือเพียง 0.50% ของน้ำหนักตัว เมื่อใช้กากสบู่ดำที่ระดับ 20% จัดได้ว่าแทบจะไม่มีการสะสมไขมันในช่องท้องของตัวไก่เลย สำหรับปริมาณเนื้อ ซึ่งประกอบด้วยเนื้ออก เนื้อน่องและเนื้อสะโพก พบว่า มีสัดส่วนลดลงตามระดับการใช้กากสบู่ดำที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารเช่นกัน โดยสัดส่วนของเนื้ออกลดลงค่อนข้างมากประมาณ 5.2% ในขณะที่เนื้อน่องและเนื้อสะโพกลดลงเพียง 0.8% และ 1.5% เมื่อใช้กากสบู่ดำระดับ 20% เทียบกับกลุ่มควบคุมตามลำดับ

อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาที่สัดส่วนของปีก กลับพบว่า มีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้กากสบู่ดำที่ระดับ 20% การใช้ที่ระดับต่ำกว่านี้ให้ผลไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (ตาราง 21)

ตาราง 21 เปอร์เซ็นต์ซาก น้ำหนักอวัยวะภายใน ปริมาณเนื้อและปีกของไก่เนื้อเพศผู้ที่อายุ 6 สัปดาห์ เมื่อได้รับอาหารที่มีกากสบู่ดำที่ผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่ง ร่วมกับใช้ 92% เมทธานอลและน้ำเป็นตัวชะล้างระดับต่างๆ เป็นเวลา 5 สัปดาห์

กากสบู่ดำในอาหาร (%)	0	5	10	15	20	S.E.M.
เปอร์เซ็นต์ซาก[1/]	85.52^{ก}	83.42^{ข}	82.16^{ข}	82.07^{ค}	80.32^{ง}	0.40
อวัยวะภายใน (% น้ำหนักตัว)						
เครื่องในรวม	9.36^{ง}	9.76$^{ค ง}$	10.27^{ค}	11.61^{ข}	12.96^{ก}	1.41
ไขมันช่องท้อง	2.75^{ก}	1.77^{ข}	1.09^{ค}	0.90^{ง}	0.50^{จ}	0.18
ปริมาณเนื้อ (% น้ำหนักตัว)						
เนื้ออก	19.51^{ก}	18.56^{ข}	17.69^{ค}	14.75^{ง}	14.37^{ง}	0.48
เนื้อน่อง	10.45^{ก}	9.83^{ข}	9.81^{ข}	9.67^{ข}	9.61^{ข}	0.10
เนื้อสะโพก	11.72^{ก}	11.31$^{ก ข}$	10.82$^{ข ค}$	10.70$^{ข ค}$	10.25^{ค}	0.14
ปีก (% น้ำหนักตัว)	7.69^{ข}	7.80^{ข}	7.75$^{ก ข}$	7.94$^{ก ข}$	8.10^{ก}	0.06

$^{ก-ง}$ ค่าเฉลี่ยในแต่ละแถวที่มีอักษรกำกับไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1/] คำนวณจากน้ำหนักตัวไก่ที่เอาเครื่องในออกทั้งหมดเทียบกับน้ำหนักไก่เมื่อมีชีวิตก่อนชำแหละ

S.E.M. = Standard error of mean

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณสารฟอร์บอลเอสเทอร์ในเนื้อไก่

เมื่อนำเนื้ออกที่ได้จากการชำแหละไก่เนื้อเพศผู้ที่อายุ 6 สัปดาห์ ไปวิเคราะห์หาปริมาณฟอร์บอลเอสเทอร์ ผลแสดงไว้ในตาราง 22 ปรากฏว่า เมื่อเพิ่มระดับกากสบู่ดำในอาหารสูงขึ้น จะส่งผลให้ไก่ทดลองได้รับสารพิษฟอร์บอลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย และเริ่มลดลงในกลุ่มที่ใช้กากสบู่ดำระดับสูงสุด ตลอดระยะการทดลองไก่จะได้รับสารฟอร์บอลเอสเทอร์ เท่ากับ 0.057, 0.092, 0.155 และ 0.116 มก. (5, 10, 15 และ 20% ตามลำดับ) จึงทำให้สารฟอร์บอลเอสเทอร์ที่ตกค้างในเนื้อหน้าอกมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระดับการใช้กากสบู่ดำในอาหาร โดยตรวจพบ 0.001, 0.004, 0.049 และ 0.189 มก./ก. เนื้ออก เมื่อใช้กากสบู่ดำในอาหารที่ระดับ 5, 10, 15 และ 20% ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปเข้าสมการคาดคะเนแบบเส้นตรง จะได้สมการดังนี้

ปริมาณสารฟอร์บอลเอสเทอร์ในเนื้อหน้าอก (มก./ก. เนื้ออก)

$$Y = -0.029 + 0.009X \quad (r = 0.753 ; n = 20)$$

เมื่อ Y = ปริมาณสารฟอร์บอลเอสเทอร์ที่ตรวจพบในเนื้อหน้าอก (มก./ก. เนื้ออก)

X = ระดับกากสบู่ดำในอาหาร (%)

r = ค่าสหสัมพันธ์

n = จำนวนข้อมูลที่ใช้คำนวณ

ตาราง 22 ปริมาณสารฟอร์บอลเอสเทอร์ที่ตรวจพบในเนื้อหน้าอกของไก่เนื้อ เมื่อได้รับอาหารที่มีกากสบู่ดำที่ผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่ง ร่วมกับใช้ 92% เมทธานอลและน้ำเป็นตัวชะล้างในระดับต่างๆ

ระดับกากสบู่ดำในอาหาร (%)	ปริมาณฟอร์บอลเอสเทอร์			
	ไก่กิน (มก./ตัว) ช่วงอายุ			เนื้อหน้าอก (มก./ก.)
	อายุ 2-3 สัปดาห์	อายุ 4-5 สัปดาห์	อายุ 6 สัปดาห์	
0	0	0	0	0
5	0.011	0.027	0.019	0.001
10	0.020	0.041	0.027	0.004
15	0.024	0.049	0.033	0.049
20	0.027	0.049	0.040	0.189
S.E.M.	0.086	0.113	0.100	0.368

S.E.M. = Standard error of mean

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้นทุนการผลิตเนื้อไก่

เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิต โดยคำนวณเฉพาะค่าอาหารอย่างเดียว และใช้ราคาวัตถุดิบตามราคาเฉลี่ยในท้องตลาด ส่วนกากสบู่ดำที่ผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่ง ร่วมกับใช้ 92% เมทธานอลและน้ำเป็นตัวชะล้าง กำหนดให้มีราคากิโลกรัมละ 5 บาท ผลแสดงไว้ในตาราง 23 ปรากฏว่าอาหารผสมกากสบู่ดำมีราคาถูกลงตามระดับการใช้กากสบู่ดำในสูตรอาหาร แต่เนื่องจากประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยลงเมื่อมีการใช้กากสบู่ดำ จึงทำให้ต้นทุนการผลิตไก่เนื้อต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มที่ใช้กากสบู่ดำระดับ 5% มีต้นทุนการผลิตสูงกว่าเล็กน้อย (0.65 บาท/กก.)

ตาราง 23 ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไก่เนื้อเพศผู้ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกากสบู่ดำที่ผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่ง ร่วมกับใช้ 92% เมทธานอลและน้ำเป็นตัวชะล้างที่ระดับต่างๆ ในช่วงอายุ 2-6 สัปดาห์

กากสบู่ดำในอาหาร (%)	น้ำหนักตัวเพิ่ม (กก.)	อัตราแลกน้ำหนัก	ต้นทุนค่าอาหาร[1/]	
			(บาทต่อตัว)	(บาท/กก.น้ำหนักตัวเพิ่ม)
0	2.31[ก]	1.80[ง]	55.33	24.34
5	1.99[ข]	1.90[ค]	48.71	24.99
10	1.56[ค]	1.92[ค]	37.69	25.71
15	1.19[ง]	2.01[ข]	29.29	26.71
20	0.91[จ]	2.19[ก]	23.45	27.48
S.E.M.	0.006	0.03	-	-

[1/] ดูตาราง 8-10

การใช้กากสบู่ดำเป็นอาหารไก่ไข่

สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่

การใช้กากสบู่ดำที่ผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีนึ่ง ร่วมกับใช้ 92% เมทธานอลและน้ำเป็นตัวชะล้าง ในสูตรอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 5, 10, 15 และ 20% เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ (84 วัน) ผลแสดงไว้ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 24 ปรากฏว่า ผลผลิตไข่และปริมาณอาหารที่กิน มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยจะลดลงตามระดับการเพิ่มขึ้นของกากสบู่ดำในอาหาร (88.44, 51.54, 17.34 และ 10.08 vs. 94.29%; 97.71, 70.73, 48.30 และ 34.21 vs. 108.69 ก./วัน, ตามลำดับ) จึงทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (ปริมาณอาหารที่ใช้ต่อการผลิตไข่ 1 โหล หรือ 1 กก.) ด้อยลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพิ่มระดับการใช้กากสบู่ดำ ยกเว้นเมื่อใช้กากสบู่ดำระดับต่ำสุด (5%) ให้ผลไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (ใช้กากสบู่ดำ 0%) ส่วนน้ำหนักตัวเพิ่มของแม่ไก่ตลอดระยะการทดลองมีค่าลดลง โดยมีน้ำหนักตัวน้อยกว่าช่วงเริ่มต้นทดลองในกลุ่มที่ใช้กากสบู่ดำระดับสูง (15-20%, -16.7 และ -50.4 ก.) สำหรับอัตราการตาย พบว่า มีการตายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้กากสบู่ดำตั้งแต่ระดับ 15% ขึ้นไป

ผลด้านคุณภาพไข่ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม คะแนนสีไข่แดงมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามระดับการใช้กากสบู่ดำเพิ่มขึ้นในอาหาร โดยเพิ่มจาก 8.0 แต้ม ไปเป็น 8.4-8.9 แต้ม ส่วนผลด้านความหนาเปลือกไข่ พบว่า ด้อยลงเมื่อใช้กากสบู่ดำที่ระดับ 10-20% ในขณะที่ค่า Haugh unit ให้ผลไม่แตกต่างกันในทุกกลุ่ม ไม่ว่าจะใช้หรือไม่ใช้กากสบู่ดำในอาหาร สำหรับกรณีน้ำหนักไข่ การใช้กากสบู่ดำในอาหารที่ระดับ 10-20% ทำให้น้ำหนักไข่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม จึงมีผลทำให้ได้ไข่ขนาดกลางถึงใหญ่คือ เบอร์ 0, 1, 2 และ 3 น้อยลง เมื่อมีการใช้กากสบู่ดำระดับสูง แต่ได้ไข่น้ำหนักน้อย (เบอร์ 4, 5 และ 6) จำนวนมาก (ตาราง 24)

ต้นทุนการผลิตไข่ไก่

เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตไข่โดยคำนวณเฉพาะค่าอาหารอย่างเดียว และใช้ราคาวัตถุดิบตามราคาเฉลี่ยในท้องตลาด เช่นเดียวกับการศึกษาในไก่เนื้อ ผลแสดงไว้ในตาราง 24 ปรากฏว่า อาหารทดลองมีราคาถูกลงตามระดับการใช้กากสบู่ดำในสูตรอาหาร (ดูตาราง 11) แต่เนื่องจากประสิทธิภาพการใช้อาหารเพื่อการผลิตไข่ ประกอบกับผลผลิตไข่ของแม่ไก่ในกลุ่มต่างๆ ด้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ จึงทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล หรือ 1 กก. มีราคาสูงขึ้นตามระดับการเพิ่มการใช้กากสบู่ดำในอาหาร ยกเว้นกลุ่มที่ใช้กากสบู่ดำที่ระดับต่ำสุด (5%) มีต้นทุนการผลิตถูกกว่ากลุ่มควบคุม 1.22 บาท/ไข่ 1 โหล หรือ 1.65 บาท/ไข่ 1 กก. (14.41 vs. 15.63 บาท/ไข่ 1 โหล หรือ 23.17 vs. 24.82 บาท/ไข่ 1 กก. ตามลำดับ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 24 สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ เมื่อได้รับอาหารที่มีกากสบู่ดำที่ผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่งระดับต่างๆ ในช่วงไก่อายุ 28-39 สัปดาห์

กากสบู่ดำในอาหาร (%)	0	5	10	15	20	S.E.M.
สมรรถภาพการผลิต						
ผลผลิตไข่ (%)	94.29^{ก}	88.44^{ข}	51.54^{ค}	17.34^{ง}	10.08^{จ}	8.00
ปริมาณอาหารที่กิน (ก./วัน)	108.69^{ก}	97.71^{ข}	70.73^{ค}	48.30^{ง}	34.21^{จ}	6.49
อาหาร (กก.)/ ไข่ 1 โหล	1.38^{ก}	1.33^{ก}	1.65^{ข}	3.35^{ค}	4.07^{ง}	0.26
อาหาร (กก.)/ ไข่ 1 กก.	2.20^{ก}	2.13^{ก}	2.67^{ข}	5.44^{ค}	6.67^{ง}	0.43
น้ำหนักตัวเพิ่ม (ก.)	117.59^{ก}	85.27^{ข}	39.10^{ค}	-16.71^{ง}	-50.44^{จ}	6.49
อัตราการตาย						
(%)	6.25^{ก}	8.33^{ก}	14.58^{ก}	33.33^{ข}	58.33^{ข}	4.58
(ตัว)[1/]	3	4	7	16	28	
คุณภาพไข่						
น้ำหนักไข่ (ก.)	52.48^{ก}	51.84^{กข}	51.50^{ขค}	51.22^{ขค}	50.86^{ค}	0.16
Haugh unit	95.56	95.41	95.09	94.41	95.19	0.18
ความหนาเปลือกไข่ (มม.)	0.331^{ก}	0.326^{ก}	0.321^{ข}	0.316^{ก}	0.315^{ก}	0.01
สีไข่แดง (แต้มคะแนน)	8.0^{ง}	8.4^{ค}	8.6^{ขค}	8.7^{กข}	8.9^{ก}	0.07
เกรดไข่ (%)						
เบอร์ 0 (>70 ก.)	0.08	0.14	0.26	0.00	0.00	0.04
เบอร์ 1 (66-70 ก.)	1.04^{ก}	0.32^{ข}	0.46^{ข}	0.09^{ข}	0.00^{ข}	0.11
เบอร์ 2 (61-65 ก.)	15.40^{ก}	6.90^{ข}	3.81^{ขค}	2.31^{ขค}	1.18^{ค}	1.34
เบอร์ 3 (56-60 ก.)	36.27^{ก}	38.61^{ก}	23.49^{กข}	18.05^{ข}	14.39^{ข}	3.11
เบอร์ 4 (51-55 ก.)	20.82^{ข}	26.64^{กข}	25.98^{กข}	30.54^{ก}	22.16^{กข}	1.35
เบอร์ 5 (46-50 ก.)	25.19^{ข}	24.70^{ข}	39.88^{กข}	39.59^{กข}	54.94^{ก}	3.33
เบอร์ 6 (< 45 ก.)	1.20^{ข}	2.68^{กข}	6.12^{กข}	9.42^{ก}	7.33^{กข}	1.15
ต้นทุนค่าอาหาร (บาท)[2/]						
ไข่ 1 โหล	15.63	14.41	17.19	33.57	39.46	
ไข่ 1 กก.	24.82	23.17	27.82	54.62	64.65	

$^{ก-จ}$ ค่าเฉลี่ยในแต่ละแถวที่มีอักษรกำกับไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1/] แต่ละกลุ่มมีไก่จำนวน 48 ตัว [2/] ดูตาราง 11 S.E.M. = Standard error of mean

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณสารฟอร์บอลเอสเทอร์ในไข่ไก่

เมื่อนำไข่ไก่ที่เก็บในสัปดาห์ที่ 39 (วันสุดท้ายของการทดลอง) ไปแยกไข่แดงและไข่ขาวออกจากกัน แล้ววิเคราะห์หาปริมาณฟอร์บอลเอสเทอร์ ผลแสดงไว้ในตาราง 25 ปรากฏว่า เมื่อใช้กากสบู่ดำระดับสูงขึ้นในอาหาร ทำให้ไก่ไข่ทดลองได้รับสารฟอร์บอลเอสเทอร์เพิ่มขึ้น และเริ่มลดลงเมื่อมีการใช้กากสบู่ดำในอาหารที่ระดับ 20% ทั้งนี้เมื่อถึงระดับที่ได้รับสารฟอร์บอลเอสเทอร์วันละ 0.020 มก. ไก่จะกินอาหารลดลง ดังนั้นแม้ว่าสารฟอร์บอลเอสเทอร์ในสูตรอาหารจะเพิ่มขึ้นเป็น 10, 15 และ 20% ก็ตามปริมาณสารฟอร์บอลเอสเทอร์ที่ไก่ในกลุ่มดังกล่าวได้รับก็จะใกล้เคียงกันคือ 0.0210, 0.0215 และ 0.0203 มก./วัน เท่านั้น แต่เมื่อนำไข่แดงและไข่ขาวไปวิเคราะห์กลับพบว่า ปริมาณสารฟอร์บอลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นสูงมาก โดยเฉพาะเมื่อใช้ในระดับสูงกว่า 15% ของสูตรอาหาร เมื่อนำข้อมูลปริมาณสารฟอร์บอลเอสเทอร์จากไข่แดงและไข่ขาวในแต่ละระดับไปเข้าสมการคาดคะเนเส้นตรง จะได้สมการดังนี้

ปริมาณสารฟอร์บอลเอสเทอร์ในไข่แดง (มก./ก.)

$$Y = -0.004 + 0.002X \quad (r = 0.885 ; n = 20)$$

ปริมาณสารฟอร์บอลเอสเทอร์ในไข่ขาว (มก./ก.)

$$Y = -0.004 + 0.001X \quad (r = 0.742 ; n = 20)$$

เมื่อ Y = ปริมาณสารฟอร์บอลเอสเทอร์ที่พบในไข่ไก่

X = ระดับกากสบู่ดำในอาหาร (%)

r = ค่าสหสัมพันธ์

n = จำนวนข้อมูลที่ใช้คำนวณ

จากสมการข้างต้น จะเห็นได้ว่าสหสัมพันธ์มีค่าสูง แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำของสมการ นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าไข่แดงมีการสะสมสารฟอร์บอลเอสเทอร์ได้มากกว่าไข่ขาว 2 เท่า และหากให้ไก่กินกากสบู่ดำล้วนๆ (100%) จะพบปริมาณสารฟอร์บอลเอสเทอร์ในไข่แดง และไข่ขาวเท่ากับ 0.196 และ 0.096 มก./ก. ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 25 ปริมาณสารฟอร์บอลเอสเทอร์ที่ตรวจพบในไข่ไก่ (ไข่แดงและไข่ขาว) เมื่อแม่ไก่ได้รับอาหารที่มีกากสบู่ดำที่ผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่ง ร่วมกับใช้ 92% เมทธานอลและน้ำชะล้างในระดับต่างๆ

ระดับกากสบู่ดำในอาหาร (%)	ปริมาณสารฟอร์บอลเอสเทอร์ที่ไก่กินเข้าไป (มก./วัน)	ปริมาณสารฟอร์บอลเอสเทอร์ตกค้าง	
		ไข่แดง (มก./ก.)	ไข่ขาว (มก./ก.)
0	0	0	0
5	0.0145	0.004	0.0002
10	0.0210	0.006	0.0003
15	0.0215	0.029	0.0080
20	0.0203	0.035	0.0230
S.E.M.	0.073	0.131	0.125

S.E.M. = Standard error of mean

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved