

ผลของการเสริม *Bacillus subtilis* ต่อสมรรถภาพการผลิต และอัตราการท้องเสียของสุกรหย่านม

(Effect of *Bacillus subtilis* supplementation in feed on performance and the rate of diarrhea in weaned pigs)

ปนัดดา เสาวเวียง

(Panadda Saowiang)

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

สัมมนาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเอกสารผลงานวิจัยให้ทราบถึงผลของการเสริม *Bacillus subtilis* ในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและอัตราการท้องเสียของสุกรหย่านม โดยได้ทำการรวบรวมเอกสารและบทความทางวิชาการจำนวน 3 ฉบับ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2014 – 2020 พบว่าการเสริม *B. subtilis* ในสูตรอาหารลูกสุกรหย่านมที่ระดับ 2×10^9 , 4×10^9 , and 20×10^9 CFU/kg feed เก็บข้อมูลภายในช่วงวันที่ 1 – 28 วัน สุกรหย่านมกลุ่มที่เสริม *B. subtilis* ปริมาณต่ำ (low dose : 1.28×10^9 CFU/kg) และปริมาณสูง (high dose: 2.56×10^9 CFU/kg) ช่วงเวลา 0 – 11 วัน มีผลต่อน้ำหนักที่เพิ่มเฉลี่ยต่อวัน, อัตราการกินได้เฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว/อาหารที่กิน (G:F) ดีที่สุด ตามลำดับ ($p < 0.05$) และมีอัตราการท้องร่วงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มที่เสริม *B. subtilis* ในระดับ 0.05% CFU/kg ให้ผลดีที่สุดต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว/อาหารที่กิน ($p < 0.05$) และมีอัตราการท้องร่วงลดลง จากการใช้ *B. subtilis* ในสูตรอาหารพบว่าการเสริมระดับ 2×10^9 – 2.56×10^9 CFU/kg ให้ผลดีที่สุดต่อลักษณะ อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว/อาหารที่กิน (G:F) ของลูกสุกรหย่านม การเสริม *Bacillus subtilis* ระดับ 2×10^9 CFU/Kg ให้ผลดีต่อการป้องกันการเกิดอาการท้องเสียในลูกสุกรหย่านม ถึงแม้จะไม่ดีที่สุดตามผลการทดลองเมื่อเทียบกับระดับการเสริมที่สูงกว่า แต่ก็ไม่แตกต่างจากการใช้ระดับที่สูงขึ้นเป็น 4×10^9 CFU/kg feed หรือ 20×10^9 CFU/kg ในสูตรอาหาร

คำสำคัญ: *Bacillus subtilis*, สุกรหย่านม, *E. coli*, สมรรถภาพการเจริญเติบโต, ลดอัตราการท้องเสีย

บทนำ

สุกรจัดเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในแต่ละปีมีการผลิตสุกรเป็นจำนวนมากเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคภายในประเทศและการส่งออก การเลี้ยงสุกรในระดับอุตสาหกรรมนิยมเลี้ยงแบบหนาแน่น เนื่องจากต้องการผลผลิตปริมาณมาก แต่อาจส่งผลให้มีปัญหาเรื่องสุขภาพและโรคในสุกรตามมา โดยเฉพาะลูกสุกรช่วงอายุหย่านมจะมีการเปลี่ยนแปลงชั้นวิกฤตเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงหลายๆ ด้านจนก่อให้เกิดความเครียด เช่นความเครียดจากการหย่านม ความเครียดจากสิ่งแวดล้อม และโภชนาการที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงข้างต้นเหนี่ยวนำให้ลูกสุกรเกิดความเครียด นำไปสู่การทำงานของภูมิคุ้มกันลดลงมีผลต่อสุขภาพของลูกสุกรและอาจเพิ่มความไวต่อการติดเชื้อได้ง่ายขึ้นโดยเฉพาะเชื้อ *E. coli* สายพันธุ์ Enterotoxigenic *Escherichia coli* หรือ ETEC ที่สามารถสร้างสารพิษประเภทเอนเทโรทอกซิน ทำให้เซลล์เยื่อบุผนังลำไส้ถูกทำลายส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของลำไส้ลดลง การใช้ประโยชน์ได้จากสารอาหารลดลง และแสดงอาการท้องเสียทำให้เกิดความสูญเสียอย่างมากในอุตสาหกรรมสุกรเนื่องจากการตายและการเจ็บป่วย น้ำหนักที่ลดกระทบต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกสุกร และค่ารักษา จึงเป็นอีกทางออกให้เกษตรกรและภาคอุตสาหกรรมหันมาเลือกใช้ยาปฏิชีวนะในสูตรอาหาร เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตลดความเครียดและป้องกันการติดเชื้อในทางเดินอาหารจาก *E. coli* ซึ่งการใช้ยาอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เชื้อโรคเกิดการดื้อยาและมักมีผลตกค้างในสัตว์ทำให้มีผลกระทบต่อผู้บริโภคตลอดจนการส่งออกต่อมาก็ได้มีการหันมาใช้สารเสริมชีวนะที่มีบทบาทคล้ายกับสารปฏิชีวนะมาใช้ทดแทนการใช้สารเคมี หรือยา ปฏิชีวนะ มีแบคทีเรียหลายกลุ่มที่นิยมนำมาใช้เสริมเป็นโปรไบโอติกในอาหารสัตว์ อาทิเช่น กลุ่ม *Bacillus cereus* เช่น *Bacillus subtilis* และกลุ่ม *Lactobacillus* เช่น *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* เป็นต้น (หทัยรัตน์, 2551)

Bacillus subtilis ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในอาหารสัตว์ มีผลในการป้องกันอาการท้องร่วงที่เกิดจากเชื้อ *E. coli* ในลูกสุกรหย่านมคือสามารถกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของลูกสุกรลดความเครียดจากการหย่านมและเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต เนื่องด้วย *Bacillus subtilis* สามารถเพิ่มปริมาณแลคโตบาซิลลินในทางเดินอาหารของสุกรซึ่งจะช่วยลดการแพร่กระจายของ Enterotoxigenic *E. coli* ทั้งยังช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของลูกสุกรและส่งเสริมการสะสมโปรตีนซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกระดูกและกล้ามเนื้อ

ดังนั้น สัมมนาฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริม *Bacillus subtilis* ต่อสมรรถภาพการผลิตและอัตราการท้องเสียของสุกรหย่านม

ผลของการเสริม *Bacillus subtilis* ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และลดอัตราการท้องเสียของสุกรหย่านม

Hu et al. (2014) ผลการเสริม *B. subtilis* ในสูตรอาหาร ต่อลักษณะด้านการผลิตของสุกรหย่านม โดยทดลองในสุกรหย่านม 3 กลุ่ม ดังผลศึกษาในตารางที่ 1 ซึ่งพบว่า สุกรหย่านมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร Negative control (อาหารควบคุม ไม่เสริมยาปฏิชีวนะ) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (ADG) และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว/อาหารที่กิน (G:F) ต่ำกว่าสุกรหย่านม ที่เลี้ยงด้วยสูตร Positive control (อาหารควบคุม+ยาปฏิชีวนะ) และสูตรอาหารกลุ่มอื่น (เสริม *B. subtilis* 2×10^9 CFU/kg, 4×10^9 CFU/kg feed, และ 20×10^9 CFU/kg) อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และโดยพบว่า สุกรหย่านมที่เลี้ยง ด้วยอาหารสูตรที่เสริม *B. subtilis* ระดับ 4×10^9 CFU/kg มีผลให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (ADG) และ อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว/อาหารที่กิน (G:F) ดีที่สุด ($p < 0.05$)

ตารางที่ 1 Average daily gain (ADG), average daily feed intake (ADFI) and feed efficiency (G: F) of weaned piglets fed diet supplemented with antibiotics or *B. subtilis* (day 1 to 28)

Item	NC	PC	L ^{1/}	M ^{1/}	H ^{1/}	SEM	P-value
Initial weight (kg)	7.22	7.08	7.18	7.07	7.14	0.15	0.998
ADG (g/d)	299 ^a	330 ^a	321 ^a	331 ^a	332 ^a	3.72	0.006
ADFI (g/d)	527	539	545	545	541	5.14	0.837
G: F (g/kg)	567 ^b	612 ^a	588 ^{ab}	609 ^a	614 ^a	4.97	0.001

NC, negative control, basal diet; PC, positive control, diet supplemented with antibiotics

SEM, standard error of the mean.

^{1/}L, M, H = diets supplemented with *B. subtilis* 2×10^9 , 4×10^9 , and 20×10^9 CFU/kg feed, respectively.

^{a,b,c} Mean values in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

Source: Hu et al. (2014)

ตารางที่ 2 Performance of weaned pigs fed diets supplemented with *Bacillus subtilis*

Item ^d	<i>E. coli</i> challenge				SEM	p
	Negative control	Positive control	Low dose <i>B. subtilis</i>	High dose <i>B. subtilis</i>		
BW, kg						
d 5 PI	9.52 ^a	8.41 ^b	8.83 ^{ab}	9.06 ^{ab}	0.60	0.039
ADG, g/d						
d 0 to 5 PI	308 ^a	125 ^c	193 ^{bc}	230 ^{ab}	40.79	<0.01
ADFI, g/d						
d 0 to 5 PI	572 ^a	365 ^b	386 ^{ab}	423 ^{ab}	58.29	<0.01
G: F						
d 0 to 5 PI	0.52	0.35	0.45	0.52	0.127	0.320

^{a-c} Means without a common superscript are different ($P < 0.05$)

PI : Post inoculation of *E. coli*

^d BW body weight, ADG average daily gain, ADFI average daily feed intake, G: F gain: feed, PI post inoculation

Source: Kim et al. (2019)

จากตารางที่ 2 Kim et al. (2019) ได้ศึกษาผลการเสริม *B. subtilis* ระดับความเข้มข้นต่ำ (low dose : 1.28×10^9 CFU/kg) และในระดับความเข้มข้นสูง (high dose : 2.56×10^9 CFU/kg) ในสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตและลักษณะทางการผลิตของสุกรหย่านม ภายหลัง ให้สุกรหย่านมได้รับเชื้อ *E. coli* ชนิด F18 ในวันที่ 5 โดยเสริม *B. subtilis* ในสูตรอาหาร ผลศึกษาในตารางที่ 1 ซึ่งไม่พบความแตกต่างในการ เสริม *B. subtilis* ในสูตรอาหารของสุกรหย่านมที่ความเข้มข้นต่ำและความเข้มข้นสูง ต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (ADG), อัตราการกินได้เฉลี่ยต่อวัน (ADFI) และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว/อาหารที่กิน (G:F) แต่สุกรหย่านมกลุ่ม Positive control (อาหารควบคุม + *E. coli*) มีแนวโน้มของค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการกินได้เฉลี่ยต่อวัน ต่ำกว่าสุกรหย่านมกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร Negative control (อาหารควบคุมและไม่ได้รับเชื้อ *E. coli*) ($p < 0.01$) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสุกรหย่านมที่ได้รับสูตรอาหารที่เสริม *B. subtilis* ในสูตรอาหารในความเข้มข้นต่ำ และความเข้มข้นสูง

ตารางที่ 3 Effect of different dietary treatments on growth performance of *E. coli*-challenged weaned pigs

Item	Diet ^a			SEM	P-value
	NC	PC	DFM		
BW (kg)					
Day 21	14.30	14.38	14.95	0.960	0.63
ADG (kg)					
Days 0-21	0.283	0.288	0.310	0.050	0.91
Days 3-21	0.308	0.333	0.347	0.048	0.86
ADFI (kg)					
Days 0-21	0.429	0.378	0.403	0.050	0.73
Days 3-21	0.483	0.421	0.488	0.053	0.72
G: F (kg/kg)					
Days 0-21	0.653	0.740	0.766	0.037	0.14
Days 3-21	0.633 ^b	0.778 ^a	0.785 ^a	0.033	0.01

^{ab} Within a row, means without a common superscript differ ($P < 0.05$).

^cNC = negative control diet, PC = NC supplemented with 0.25% of antibiotics, and DFM = NC supplemented with 1.3×10^9 CFU/Kg DFM product (*B. subtilis*; DSM 32540)

Source: Park et al. (2020)

Park et al. (2020) ได้ศึกษาผลการเสริม *B. subtilis* ในสูตรอาหาร 3 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 NC (อาหารควบคุมที่ไม่เสริม DFM product : *B. subtilis* ระดับ 1.3×10^9 CFU/kg) กลุ่มที่ 2 PC (อาหารควบคุมที่เติมยาปฏิชีวนะ 0.25%) และกลุ่มที่ 3 สูตรอาหารควบคุมร่วมกับการเสริม DFM product : *B. subtilis* ระดับ 1.3×10^9 CFU/kg) ในสุกรหย่านมต่อประสิทธิภาพ การเจริญเติบโต ดังผลการศึกษาในตารางที่ 3 พบว่า สุกรหย่านมที่เลี้ยง

ด้วยอาหารทั้ง 3 กลุ่มไม่มีความแตกต่างของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (ADG) อัตราการกินได้เฉลี่ยต่อวัน (ADFI) และ อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว/อาหารที่กิน (G:F) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 3)

Hu et al. (2014) ได้ศึกษาผลการเสริมยาปฏิชีวนะ หรือ *B. subtilis* ในสูตรอาหาร ต่ออัตราการท้องเสีย ในลูกสุกร โดยพบว่า ในช่วงระยะที่ 1 ลูกสุกรหย่านมกลุ่มที่เสริม *B. subtilis* ระดับต่างๆ (2×10^9 , 4×10^9 , and 20×10^9 CFU/kg ของสูตรอาหาร) มีโอกาสเกิดภาวะท้องเสียในอัตราที่น้อยกว่ากลุ่ม NC (อาหารควบคุมและไม่เสริม *B. subtilis*) ($p<0.05$) และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของอัตราการท้องร่วงที่พบระหว่างกลุ่ม PC และ อีกสี่กลุ่ม ในช่วงระยะที่ 2 และตลอดช่วงการทดลอง ลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยยาปฏิชีวนะหรือ *B. subtilis* มีอัตราของอาการท้องร่วงลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมเชิงลบ ($p<0.05$) และไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในอัตราของอาการท้องร่วงในกลุ่ม PC, M และ H (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 Diarrhea incidence of weaned piglets fed diet supplemented with antibiotics or *B. subtilis*

Item	Diarrhea incidence (%)					SEM	P-value
	NC	PC	L ^{1/}	M ^{1/}	H ^{1/}		
Phase I (d1 to 14)	4.25 ^a	3.37 ^{ab}	2.27 ^b	2.78 ^b	2.22 ^b	0.24	0.016
Phase II (d15 to 28)	8.80 ^a	2.51 ^c	5.21 ^b	3.71 ^{bc}	3.06 ^{bc}	0.57	<0.001
Overall (d1 to 28)	6.53 ^a	2.94 ^b	3.74 ^b	3.24 ^b	2.64 ^b	0.36	<0.001

NC : negative control, basal diet; PC : positive control, diet supplemented with antibiotics.

Diarrhea incidence (%) = the total number of diarrheal piglets over a period divided by the number of piglets and days in that period multiplied by 100.

^{1/}L, M, H = diets supplemented with probiotics 2×10^9 , 4×10^9 , and 20×10^9 CFU/kg feed, respectively.

SEM, standard error of the mean.

^{a,b,c} Mean values in the same row with different superscripts differ significantly ($p<0.05$)

Source: Hu et al. (2014)

Kim et al. (2019) ศึกษาเกี่ยวกับผลการเสริม *B. subtilis* ในสูตรอาหารลูกสุกร โดยพบว่า สุกรที่เลี้ยง ด้วยอาหารกลุ่ม Negative Control (อาหารควบคุมและไม่ได้รับ *E. Coli*) มีอัตราการท้องร่วงที่น้อยกว่ากลุ่ม อาหารอื่นๆ และพบว่าหลังจากที่สุกรได้รับเชื้อในวันที่ 2 ถึงวันที่ 10 จะมีอัตราการท้องร่วง ที่ไม่มีความแตกต่าง กับสุกรที่ได้รับอาหารทั้งสามกลุ่มทดลอง ยกเว้นกลุ่ม Positive Control (อาหารควบคุมและได้รับเชื้อ *E. Coli*) และหลังจากวันที่ 10 พบว่าสุกรในกลุ่มอาหาร Positive control มีอัตราการท้องร่วงที่สูงขึ้น (Figure 1)

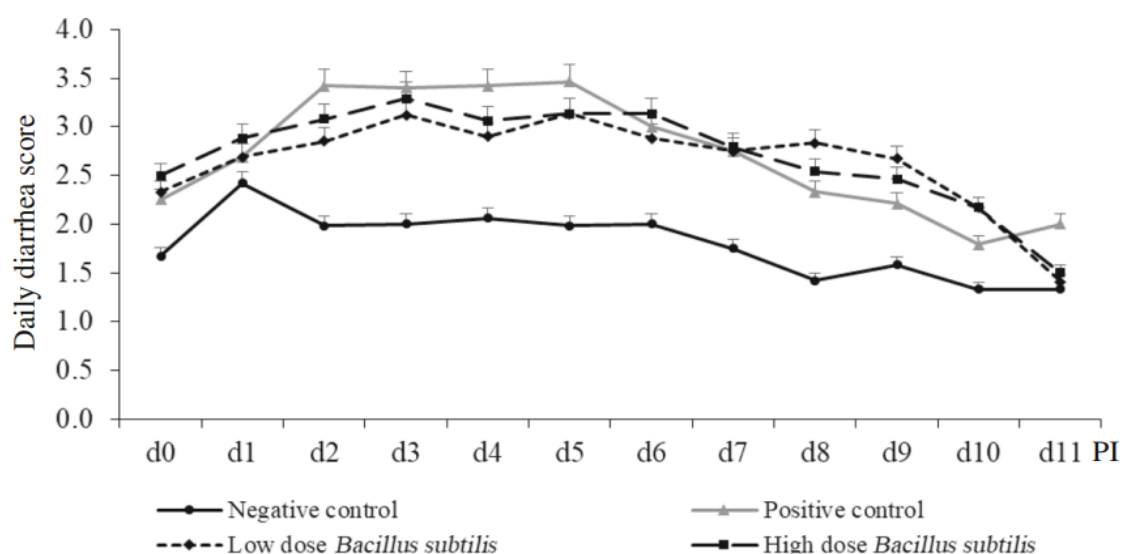


Figure 1 Daily diarrhea score of weaned pigs fed diets supplemented with *Bacillus subtilis*.
Diarrhea score = 1, normal feces, 2, moist feces, 3, mild diarrhea, 4, severe diarrhea, 5, watery diarrhea.

Source: Kim et al. (2019)

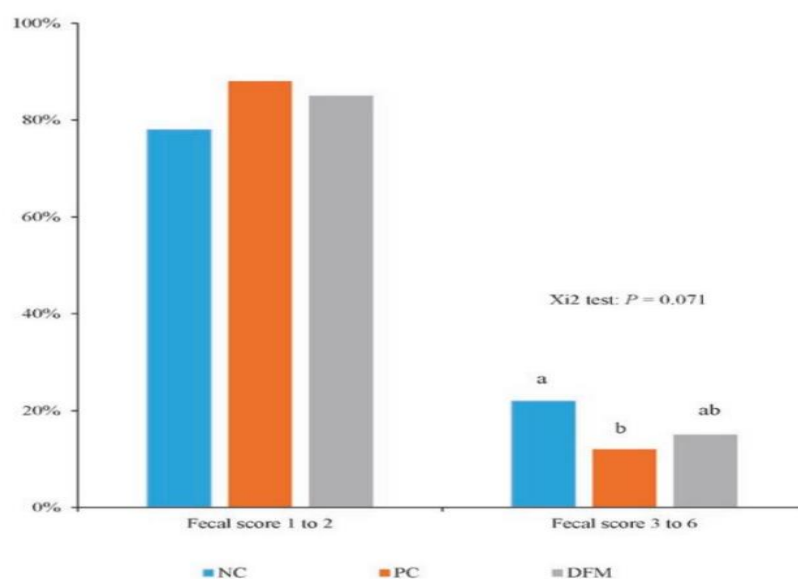


Figure 2 Frequency of diarrhea of pigs fed diets without or with antibiotics or 1.3×10^9 CFU/Kg (DFM product *B. subtilis*; DSM 32540)

Fecal score: 1 = firm feces, 2 = soft feces, 3 = mild pasty diarrhea, 4 = pasty diarrhea, 5 = watery diarrhea and dehydration, 6 = most severe condition.

NC=negative control diet, PC = NC supplemented with 0.25% of antibiotics, and
DFM = NC supplemented with 1.3×10^9 CFU/kg (DFM product *B. subtilis*; DSM 32540).

Source: Park et al. (2020)

จาก Figure 2 ซึ่ง Park et al. (2020) พบว่า อัตราการเกิดอาการท้องร่วง (คะแนนอุจจาระ 3-6) ตั้งแต่วันที่ 0 ถึง 21 สำหรับอาหารสูตรพื้นฐาน (Basal diet) เท่ากับ 22% สำหรับอาหารสูตรพื้นฐานที่เสริมยาปฏิชีวนะ และสูตรอาหารพื้นฐานที่เสริม DFM product (*B. Subtilis* 1.3×10^9 CFU/kg) เท่ากับ 12% และ 15% ตามลำดับ

นอกจากนี้ อัตราการรอดชีวิตของสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรพื้นฐาน เท่ากับ 75% ในขณะที่สุกรที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่เสริมยาปฏิชีวนะ และที่เสริมด้วย DFM มีอัตราการรอดชีวิต 100% หลังการกระตุ้นด้วย *E. coli*

จากการศึกษาผลงานวิจัยทั้ง 3 ฉบับ โดยมีวัตถุประสงค์ในการเสริม *B. subtilis* ในสูตรอาหารที่ต่อสมรรถภาพการผลิต และอัตราการท้องเสียของสุกรหย่านมพบว่าในแต่ละงานทดลองมีผลลัพธ์ทั้งลักษณะที่แตกต่างกันโดย Hu et al. (2014) จากผลของเสริม *B. subtilis* ในสูตรอาหารที่เลี้ยงสุกรหย่านม ระดับปานกลาง (4×10^9 CFU/kg) ในระยะเวลา 0 – 28 วัน ให้ผลดีที่สุดต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น เฉลี่ยต่อวัน (ADG) และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว/อาหารที่กิน (G:F) และมีอัตราการท้องร่วงที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ Kim et al. (2019) พบว่าการเจริญเติบโต และลักษณะทางการผลิตของสุกรหย่านม ในระยะที่ 0-5 วัน เสริม *B. subtilis* ในระดับ ปริมาณสูง มีผลต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (ADG), อัตราการกินได้เฉลี่ยต่อวัน (ADFI) และ อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว/อาหารที่กิน (G:F) ดีที่สุด ในส่วนของอัตราการท้องร่วงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในส่วนการทดลองของ (Park et al., 2020) พบว่าการเสริม *B. subtilis* ในสูตรอาหารสุกรหย่านม ในระยะ 0-21 วัน ที่ระดับ DFM product (*B. subtilis* 1.3×10^9 CFU/kg) ให้ผลดีที่สุดต่อ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (ADG) และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว/อาหารที่กิน (G:F) มีอัตราการท้องเสียที่ลดลงและอยู่ในระดับต่ำตลอดระยะเวลาการทดลอง ซึ่งผลการทดลองอธิบายได้ว่า *B. subtilis* ที่เสริมมีปริมาณที่เหมาะสมและระยะเวลา และ *B. subtilis* ที่เสริมให้ในสูตรอาหาร จะช่วยปรับสมดุลของ จุลินทรีย์ในทางเดินอาหารทำให้สัดส่วนของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์มีจำนวนมากกว่าจุลินทรีย์ก่อโรค ช่วยปรับสภาพแวดล้อมภายในลำไส้ให้ไม่เหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคอีกทั้งยังช่วยส่งเสริมให้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้อาหารของลูกสุกร

สรุป

จากการใช้ *B. subtilis* ในสูตรอาหารพบว่าการเสริมระดับ 2.0×10^9 – 2.56×10^9 CFU/kg ให้ผลดีที่สุดต่อลักษณะอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว/อาหารที่กิน (G:F) ของลูกสุกรหย่านม การเสริม *B. subtilis* ระดับ 0.02% CFU/kg ให้ผลดีต่อการป้องกันการเกิดอาการท้องเสียในลูกสุกรหย่านม ถึงแม้จะไม่ดีที่สุดตามผลการทดลองเมื่อเทียบกับระดับการเสริมที่สูงกว่า แต่ก็ไม่แตกต่างจากการใช้ระดับที่สูงขึ้นเป็น 4×10^9 หรือ 20×10^9 CFU/kg

เอกสารอ้างอิง

- นุชนาด ทองสาย, ภัทราพร ภูมิรินทร์. 2562. “ผลของการเสริม *Bacillus subtilis* ในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกรรุ่น”. **แก่นเกษตร**. 47(2) : 660-664.
- Hu, Y., Y. Dun¹, S. Li¹, S. Zhao¹, N. Peng¹, and Yun xiang Liang. 2014. “Effects of *Bacillus subtilis* KN-42 on Growth Performance, Diarrhea and Faecal Bacterial Flora of Weaned Piglets”. **Asian Australas. J. Anim. Sci.** 27(8): 1131-1140.
- Kim, K., Yijie H., Xia X., Amy E., Xunde L., Helen R., Edward R. Atwill, Elizabeth A. Maga, Jens Jørgensen and Yanhong Liu. 2019. “Dietary supplementation of *Bacillus subtilis* influenced intestinal health of weaned pigs experimentally infected with a pathogenic *E. coli*”. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. 10:52
- Park, S., Jung W.L., Kevin J .B., David F., Jolie C.G., John K.H and Tofuko Awori Woyengo. 2020. “Growth performance and gut health of *Escherichia coli*-challenged weaned pigs fed diets supplemented with a *Bacillus subtilis* direct-fed microbial”. **Researchgate. Translational Animal Science**. 4:1-10