การใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดในอาหารไก่เนื้อต่อประสิทธิภาพการผลิต

(The Use of Replacement of Corn with Sorghum in Broiler Feed on Production Performance)

ดุสิทธิ์ ศรีสุระ

Dusit Srisura

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

สัมมนาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารไก่เนื้อต่อประสิทธิภาพการผลิต ได้ทำการรวบรวมและศึกษาจากเอกสารวิชาการจำนวน 3 ฉบับ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562-2566 ซึ่งมีการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารไก่เนื้อตั้งแต่ระดับ 25-100% พบว่าการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารไก่เนื้อทุกระดับไม่ส่งผลต่อน้ำหนักตัว การกินได้ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และคุณภาพซาก ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ซาก เนื้อหน้าอก และอวัยวะภายใน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสามารถใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารไก่เนื้อได้ที่ระดับ 25-100% เนื่องจากไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพซากของไก่เนื้อ

คำสำคัญ: ไก่เนื้อ ข้าวฟ่าง ข้าวโพด อัตราการเจริญเติบโต คุณภาพซาก

บทนำ

ในปี 2561–2565 การผลิตไก่เนื้อของไทยเพิ่มขึ้นในอัตรา 3.59% ต่อปี โดยในปี 2565 มีการผลิตไก่เนื้อ 1,771.99 ล้านตัว หรือคิดเป็นเนื้อไก่ 2.83 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจาก 1,754.04 ล้านตัว หรือคิดเป็นเนื้อไก่ 2.80 ล้านตัน ของปี 2564 คิดเป็น 1.02% เนื่องจากความต้องการบริโภคทั้งในและต่างประเทศเพิ่มขึ้น (วิเชียร และ ปนัดดา, 2566) ซึ่งประเทศไทยใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ภายในประเทศเพียง 40% และนำเข้าจากต่างประเทศอีก 60% โดยมีวัตถุดิบสำคัญกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงาน เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวสาลี หรือ กลุ่มโปรตีน เช่น กากถั่วเหลือง เมล็ดถั่วเหลือง และ DDGS เป็นต้น ระดับราคาขึ้นลงของวัตถุดิบเหล่านี้ ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยทั้งภายใน และภายนอกประเทศ (วิเชียร และ ปนัดดา, 2565) โดยที่ข้าวโพดนั้นเป็นแหล่งพลังงานหลักในอาหารไก่เนื้อโดยมักถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารของไก่เนื้อคิดเป็น 50-60% ของสูตรอาหารไก่เนื้อ เพื่อให้ได้พลังงานที่เพียงพอและอุดมไปด้วยสารอาหารที่สำคัญ แต่ในปัจจุบันเนื่องจากสภาวะภัยแล้งเป็นปัจจัยและปัญหาหลัก ซึ่งเป็นสาเหตุที่ซับซ้อนยากต่อการคาดการณ์ มักมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง จนส่งผลต่อการกำหนดการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรในหลายๆ พื้นที่ เพราะในการทำเกษตรแบบพืชไร่นั้น ส่วนมากเกษตรกรจะพึ่งพาน้ำฝนเท่านั้นในการเพาะปลูกและกำหนดวันเวลาของการเพาะปลูก เนื่องจากเมื่อฝนตกไม่ตามฤดูกาล จะส่งผลให้พืชผลที่เกษตรกรเพาะปลูกนั้นได้รับผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณน้ำที่จะนำมาใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตในด้านต่างๆ ของต้นพืช (วรพล, 2563) ซึ่งข้าวฟ่างเป็นพืชที่สามารถทนต่อการขาดน้ำได้ดีกว่าข้าวโพด โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของข้าวฟ่าง และบางสายพันธุ์ยังได้รับการปรับปรุงให้มีสารต้านโภชนที่ต่ำโดยเฉพาะสารแทนนิน โดยที่ข้าวฟ่างประกอบด้วยแป้ง 79.77% โปรตีน 12.21% และไขมัน 3.67% (Palavecino et al., 2016) ในขณะที่ข้าวโพดประกอบด้วยแป้ง 70-75% โปรตีน 8-10% และไขมัน 4-5% (Prasanthi et al., 2017) ซึ่งพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างนั้นดีกว่าข้าวโพด แต่ความสามารถในการย่อยได้ของกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด เช่น ไลซีน เมไทโอนีนและทรีโอนีนค่อนข้างต่ำกว่าเมื่อเทียบกับข้าวโพด (Rostagno et al., 2011 อ้างโดย Puntigam et al., 2020) ข้าวฟ่างสายพันธุ์ที่มีแทนนินต่ำสามารถใช้ทดแทนข้าวโพดได้โดยไม่มีผลกระทบ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อที่ใช้ข้าวฟ่างทดแทนการใช้ข้าวโพดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Garcia et al., 2005) แต่เนื่องจากข้าวฟ่างบางชนิดมีสารแทนนินสูงกว่าข้าวโพด ซึ่งเป็นตัวขัดขวางการใช้ประโยชน์ของโภชนะ ส่งผลต่อการกินได้และการเจริญเติบโตของสัตว์ ดังนั้นสัมมนาฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารของไก่เนื้อต่อประสิทธิภาพการผลิต

ข้าวฟ่าง

ข้าวฟ่างชื่อวิทยาศาสตร์ *Sorghum bicolor* พืชตระกูลหญ้า อายุปีเดียว ลำต้นตั้งตรงคล้ายกับต้นข้าวโพด สามารถขึ้นได้ทั่วไปในทุกทวีป ข้าวฟ่างเป็นพืชที่ทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี สามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนประมาณ 400-600 มิลลิเมตรต่อปี ใบและต้นข้าวฟ่างจะเหี่ยวและแห้งช้ากว่าข้าวโพด เนื่องจากมีสารคล้ายขี้ผึ้งเคลือบผิวใบและลำต้น ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียน้ำได้ นอกจากนี้ข้าวฟ่างยังมีระบบรากมากกว่าข้าวโพดจึงหาน้ำและอาหารได้ดีกว่า ทำให้ข้าวฟ่างทนแล้ง ได้ดีกว่าข้าวโพด แหล่งผลิตข้าวฟ่างที่สำคัญของโลกได้แก่ ทวีปอเมริกาเหนือและทวีปอเมริกากลาง

ผลของการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดในอาหารไก่เนื้อต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

- น้ำหนักตัว (Body weigth)

Saleh et al. (2019) ศึกษาการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารไก่เนื้อ (Ross308) ที่ระดับ 0%, 25%, 50% และ 100% พบว่าการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดที่ระดับ 25%, 50%, และ 100% ส่งผลทำให้น้ำหนักตัวของไก่เนื้อสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดที่ช่วงอายุ 15-27 วัน (P<0.05) (Table 1) เนื่องจากในเมล็ดข้าวฟ่างมีโปรตีนสูงกว่าเมล็ดข้าวโพด และในบางสายพันธุ์ยังได้รับการปรับปรุงให้มีสารแทนนินต่ำกว่าข้าวฟ่างทั่วไป (สำนักพัฒนาอาหารสัตว์, 2560) จึงทำให้น้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่ช่วงอายุ 15-27 วัน เพิ่มสูงกว่ากลุ่มที่ใช้เพียงข้าวโพดในสูตรอาหาร แต่ในงานของ Puntigam et al. (2020) ใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารไก่เนื้อ (Ross308) ที่ระดับ 0%, 50% และ 100% พบกว่าการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดทุกระดับไม่ส่งผลต่อน้ำหนักตัวของไก่เนื้อในทุกช่วงอายุ (P>0.05) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ Ciurescu et al. (2023) ได้ทำการทดลองใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดในอาหารไก่เนื้อ (Ross308) ที่ระดับ 0%, 50% และ 100% พบว่าการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดในทุกระดับไม่ส่งผลต่อน้ำหนักตัวของไก่เนื้อ (P>0.05) (Table 1) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารไก่เนื้อ 100% ไม่ส่งผลต่อน้ำหนักตัวของไก่เนื้อ

Table 1. Substituting corn with sorghum in broiler diets has an effect on body weight.

Level of substitution (%)	0	25	50	100	SEM	P-value	Source
Body weight (g)							
Initial body weight	412	412	412	412	4	0.942	1
15-27 days	652.9[b]	818.0[a]	852.7[a]	821.7[a]	32.8	0.021	
1-27 days	1064.9[b]	1230[a]	1264.7[a]	1233.7[a]	34.5	0.032	
Level of substitution (%)	0	50	100	$S_{100/50sw}$	SEM	P-value	
Body weight (g)							
14 days	934.31	931.00	925.68	899.68	6.093	0.0992	2
29 days	2345.98	2361.57	2395.40	2335.70	18.353	0.4913	
Level of substitution (%)	0	50	100		SEM	P-value	
Body weight (g)							
1-24 days	1059	1048	1061		17.805	0.711	3
25-42 days	1617	1654	1622		41.089	0.951	
1-42 days	2676	2702	2680		36.916	0.945	

[ab] Means within a row with no common superscripts differ significantly (P<0.05)

$S_{100/50sw}$ = replacement of corn with 50% ground + 50% whole grain sorghum

Remark: 1 = Saleh et al. (2019), 2 = Puntigam et al. (2020), 3 = Ciurescu et al. (2023)

- ปริมาณการกินได้ (Feed intake)

Saleh et al. (2019) พบว่าการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดที่ระดับ 25%, 50% และ 100% ส่งผลให้ปริมาณการกินได้ของไก่เนื้อสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดที่ช่วงอายุ 15-27 วัน ($P<0.05$) (Table2) เนื่องจากการศึกษานี้ได้เลือกใช้ข้าวฟ่างที่มีปริมาณของสารแทนนินต่ำอยู่ที่ระดับ 0.56% ซึ่งในการทดลองข้าวโพดที่ใช้อาจจะมีสารแทนนินสูงกว่าข้าวฟ่าง โดยทั่วไปในข้าวโพดจะพบสารแทนนินอยู่ประมาณ 0.2-0.7% (Elemosho et al., 2020) และ Nyachoti and Atkinson (1995) ได้ระบุว่าการใช้ข้าวฟ่างที่มีสารแทนนินระดับ 1.8% จะส่งผลให้ปริมาณการกินได้ของไก่เนื้อลดลง จึงอาจเป็นที่มาทำให้ปริมาณการกินได้ของไก่เนื้อเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามกับงานทดลองของ Puntigam et al. (2020) และ Ciurescu et al. (2023) พบว่าการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดทุกระดับไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ ($P>0.05$) (Table2) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารไก่เนื้อ สารมารถใช้ทดแทนได้ถึงระดับ 100% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการกินได้ของไก่เนื้อ

Table 2. Substituting corn with sorghum in broiler diets has an effect on feed intake.

Level of substitution (%)	0	25	50	100	SEM	P-value	Source
Feed intake (g/12d)							1
15-27 days	1103[b]	1342[a]	1323[a]	1334[a]	19.3	0.032	
Level of substitution (%)	0	50	100	$S_{100/50sw}$	SEM	P-value	
Feed intake (g/d)							
1-14 days	67.11	67.10	67.55	66.59	0.484	0.9415	2
14-29 days	152.41	149.74	147.07	150.99	1.981	0.7779	
1-29 days	111.23	109.85	108.68	110.25	1.181	0.8855	
Level of substitution (%)	0	50	100		SEM	P-value	
Feed intake (g)							
1-24 days	1539	1525	1545		7.838	0.797	3
25-42 days	3044	3070	3055		21.585	0.534	
1-42 days	4583	4594	4591		24.363	0.793	

[ab] Means within a row with no common superscripts differ significantly ($P<0.05$)

$S_{100/50sw}$ = replacement of corn with 50% ground + 50% whole grain sorghum

Remark: 1 = Saleh et al. (2019), 2 = Puntigam et al. (2020), 3 = Ciurescu et al. (2023)

- ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed Conversion Ratio)

Saleh et al. (2019) พบว่าการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดที่ระดับ 0%, 25%, 50% และ 100% ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (P>0.05) (Table3) ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Puntigam et al. (2020) และ Ciurescu et al. (2023) พบว่าการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดที่ระดับ 0% 50% และ 100% ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวทุกช่วงอายุ (P>0.05) (Table3) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารไก่เนื้อ สามารถใช้ทดแทนได้ถึงระดับ 100% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อ

Table 3. Substituting corn with sorghum in broiler diets has an effect on Feed Conversion Ratio.

Level of substitution (%)	0	25	50	100	SEM	P-value	Source
Feed Conversion Ratio (g)							1
15-27 days	1.69	1.64	1.55	1.62	0.075	0.672	
Level of substitution (%)	0	50	100	$S_{100/50sw}$	SEM	P-value	
Feed Conversion Ratio (g)							
1-14 days	1.29	1.30	1.32	1.29	0.010	0.7512	2
14-29 days	1.62	1.55	1.57	1.62	0.018	0.3131	
1-29 days	1.50	1.47	1.49	1.50	0.011	0.4881	
Level of substitution (%)	0	50	100		SEM	P-value	
Feed Conversion Ratio (g)							
1-24 days	1.45	1.46	1.46		0.007	0.998	3
25-42 days	1.88	1.86	1.88		0.019	0.577	
1-42 days	1.71	1.70	1.71		0.008	0.787	

$S_{100/50sw}$ = replacement of corn with 50% ground + 50% whole grain sorghum

Remark: 1 = Saleh et al. (2019) 2 = Puntigam et al. (2020), 3 = Ciurescu et al. (2023)

ผลของการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดในอาหารไก่เนื้อต่อคุณภาพซาก

Puntigam et al. (2020) พบว่าการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดทุกระดับไม่ทำให้คุณภาพซากของไก่เนื้อแตกต่างกัน (P>0.05) (Table5) สอดคล้องกับงานของ Ciurescu et al. (2023) พบว่าการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดทุกระดับ ไม่ส่งผลต่อคุณภาพซากด้านต่างๆเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้ข้าวโพดเพียงอย่างเดียว (P<0.05) (Table6) แต่ในงานของ Saleh et al. (2019) พบว่าการใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดที่ระดับ 50% ส่งผลให้ไขมันหน้าท้องเพิ่มขึ้น (P<0.05) (Table4) เนื่องจาก Torres et al. (2013) ได้รายงานว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่มีส่วนประกอบของข้าวฟ่างแทนนินต่ำจะพบการแสดงออกของ mRNA ที่สังเคราะห์กรดไขมันจึงส่งผลให้เกิดการสะสมของไขมันหน้าท้อง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสามารถใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดได้ถึงระดับ 100% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพซาก

Table 4. Substituting corn with sorghum in broiler diets has an effect on carcass quality.

Parameter	Level of substitution (%)				SEM	P-value
	0	25	50	100		
Organ weight, % body weight						
Breast muscle	16.0	17.1	17.2	17.1	0.525	0.525
Thigh muscle	16.7	17.1	17.6	17.4	0.525	0.621
Abdominal fat	0.67[b]	0.83[ab]	0.94[a]	0.65[b]	0.0683	0.050
Liver	1.8	1.91	1.73	1.82	0.048	0.643
Intestine	5.2	4.9	5.3	5.3	0.25	0.723

[ab] Means within a row with no common superscripts differ significantly (P<0.05)

Source: Saleh et al. (2019)

Table 5. Substituting corn with sorghum in broiler diets has an effect on carcass quality.

Parameter	Level of substitution (%)				SEM	P-value
	0	50	100	$S_{100/50sw}$		
Carcass (g)	1825.36	1844.23	1853.97	1823.37	15.201	0.7547
Breast meat (%)	30.89	31.28	32.11	30.99	0.516	0.5155
Legs (%)	0.5155	0.5155	30.06	29.56	0.140	0.1399
Gizzard (%)	1.12[b]	1.14[b]	1.17[ab]	1.26[a]	0.015	0.0059
Wings (%)	10.37	10.76	10.15	10.41	0.058	0.0578

[ab] Means within a row with no common superscripts differ significantly (P<0.05)

$S_{100/50sw}$ = replacement of corn with 50% ground + 50% whole grain sorghum

Source: Puntigam et al. (2020)

Table 6. Substituting corn with sorghum in broiler diets has an effect on carcass quality.

Parameter	Level of substitution (%)			SEM	P-value
	0	50	100		
Carcass (%)	76.14	76.33	76.39	0.887	0.508
Breast (%)	38.97	39.32	39.55	0.683	0.065
Leg (%)	27.82	27.78	27.63	0.519	0.103
Gizzard (%)	1.88	1.93	1.74	0.123	0.474
Liver (%)	2.79	2.87	2.96	0.059	0.149
Heart (%)	0.59	0.57	0.59	0.038	0.480

[ab] Means within a row with no common superscripts differ significantly (P<0.05)

Source: Ciurescu et al. (2023)

สรุป

สามารถใช้ข้าวฟ่างทดแทนข้าวโพดในอาหารไก่เนื้อได้ที่ระดับ 25-100% เนื่องจากไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตได้แก่ น้ำหนักตัว ปริมาณการกินได้ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวและคุณภาพซากของไก่เนื้อ

เอกสารอ้างอิง

มูลนิธิสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. 2567. การใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่าง.https://www.saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=14&chap=7&page=t14-7-infodetail12.html. 22 กุมภาพันธ์.

วรพล ชัยยะวงศ์. 2563. **ศึกษาผลกระทบจากภัยแล้งต่อเกษตรกรการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในเขตพื้นที่อำเภอ แม่พริกจังหวัดลำปาง**. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์บัณฑิต: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วิเชียร ทีงาม และ ปนัดดา เตจ๊ะมาเรือน. 2566. แนวโน้ม“วัตถุดิบอาหารสัตว์”ปีหน้าพุ่งอีก ดันราคาปศุสัตว์อยู่ในเกณฑ์สูง. https://pasusart.com/แนวโน้มวัตถุดิบปีหน้าพ/. 25 ธันวาคม.

วิเชียร ทีงาม และ ปนัดดา เตจ๊ะมาเรือน. 2566. สถานการณ์และแนวโน้ม “ไก่เนื้อ” ปี 2566 ไทยและต่างประเทศ. https://pasusart.com/สถานการณ์และแนวโน้ม-ไก/. 1 ธันวาคม.

สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. 2567. วัตถุดิบอาหารสัตว์. https://nutrition.dld.go.th/nutrition/index.php/the-joomla-project/3012-2023-10-20-07-20-40. 22 กุมภาพันธ์.

Ciurescu, G., Vasilachi, A., Idriceanu, L. and Dumitru M. 2023. “Effects of corn replacement by sorghum in broiler chickens diets on performance, blood chemistry, and meat quality”. **Italian Journal of Animal Science.** 21(1): 537-547.

Elemosho, A.O., Irondi, E.A., Alamu, E.O., Ajani , E.O., Dixon, B.M. and Menkir A. 2020 “Characterization of Striga-Resistant Yellow-Orange Maize Hybrids for Bioactive, Carbohydrate, and Pasting Properties”. **Frontiers in Sustainable Food Systems.** 4: 1-8.

Garcia, R., Mendes, A.A., Costa, C., Ibiara, A.P., Sabrina, T., Pelícia, K.P., Claudia, k. and Quinteiro, R.R. 2005 “Effects on performance and meat quality of replacing corn with sorghum in a broiler diet”. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science.** 57(1): 634–643.

Nyachoti C.M. and Atkinson J.L. 1995 “The effect of feeding high-tannin sorghum on digestive organ response and overall performance of broiler chicks”. **Poultry Science**. 74: 125–130.

Palavecino, P.M., Penci, M.C., Domínguez, G.C. and Ribotta P.D. 2016 “Chemical composition and physical properties of sorghum flour prepared from different sorghum hybrids grown in Argentina”. **Starch.** 68(11): 1055-1064.

Prasanthi, P.S., Naveena, N., Vishnuvardhana Rao, M. and Bhaskarachary K. 2017. “Compositional variability of nutrients and phytochemicals in corn after processing”. **Journal of Food Science and Technology.** 54(5): 1080–1090.

Puntigam, R., Brugger, D., Slama, J., Inhuber, V., Boden, B., Boden, V., Schedle, K., Wetscherek-Seipelt, G. and Wetscherek W. 2020. "The effects of a partial or total replacement of ground corn with ground and whole-grain low-tannin sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) on zootechnical performance, carcass traits and apparent ileal amino acid digestibility of broiler chickens". **Livestock Science.** 241(1): 1-7.

Saleh, A.A., Abudabos, A.M., Ali, M.H. and Ebeid, T.A. 2019. "The effects of replacing corn with low-tannin sorghum in broiler's diet on growth performance, nutrient digestibilities, lipid peroxidation and gene expressions related to growth and antioxidative properties". **Journal of Applied Animal Research**. 47(1): 532-539.

Torres, K.A.A, Pizauro, J., Soares, C.P., Silva, T.G.A., Nogueira W.C.L. and Campos, L. 2013. Effects of corn replacement by sorghum in broiler diets on performance and intestinal mucosa integrity. **Poultry Science.** 92: 1564–1571.