



영양소 함량을 고려한 육계 대체 원료사료의 대체가격 계산

안수현·공창수[†]

경북대학교 축산학과

Calculation of Replacement Price for Alternative Feed Ingredient in Consideration of Nutrient Content in Feed Ingredient Fed to Broiler Chickens

Su Hyun An and Changsu Kong[†]

Department of Animal Science, Kyungpook National University, Sangju 37224, Republic of Korea

ABSTRACT The objective of this study was to calculate the unit price of an alternative feed ingredient for broiler chickens in consideration of the energy and nutritive contents in the feed ingredient by using a simple Excel worksheet. A corn-distiller's dried grains with solubles (corn-DDGS) was used as an alternative ingredient and corn and soybean meal as ingredients to be replaced. The net change of feed price was calculated based on the replacement values which were estimated in consideration of energy and nutrient concentration in feed ingredients used in the calculation, the price of feed ingredients and inclusion rate of the alternative ingredient. The nitrogen corrected apparent metabolizable energy (AMEn) and standardized ileal digestible AA including Lys, Met, Thr, and Trp, total Ca, and available P were employed as nutritive component to calculate the replacement values for individual feed ingredients. The equation for replacement was $1 \times \text{corn-DDGS} + 0.0334 \times \text{soybean oil} + 0.0182 \times \text{Limestone} = 0.8893 \times \text{corn} + 0.13 \times \text{soybean meal} + 0.0004 \times \text{Lys} + 0.0022 \times \text{Met} + 0.0005 \times \text{Trp} + 0.0028 \times \text{Thr} + 0.0264 \times \text{dicalcium phosphate}$. The replacement price of corn-DDGS was calculated to be 270 won/kg when the inclusion rate was 15% and the energy and nutrient contents were considered in the calculation. In conclusion, the Excel-based ingredient price calculator may be useful to determine the economic value when an alternative feed ingredient is used in diets fed to broiler chickens.

(Key words: alternative ingredient, feed price, broilers, replacement value)

서론

사료비는 양계생산에 소요되는 제반 비용의 약 60% 이상을 차지하는 지출이 큰 요소 중 하나이다(Dozier et al., 2008). 따라서, 사료생산에 이용되는 원료들의 가격 변화는 양계농가 수입에 큰 영향을 미친다. 양계 배합사료에 대표적으로 사용되는 원료사료인 옥수수과 대두박의 경우, 최근 기상변화 등의 원인으로 국제곡물가격이 지속적으로 상승되고 있으며, 환율변동 등의 외부의 요인으로 인한 가격의 변동이 잦은 편이어서 그 가격의 예측이 어려운 경우가 많다. 따라서 상대적으로 가격이 낮고, 그 변동이 적으면서 가금사료에 적합한 원료들에 대한 관심이 높아지고 있다.

원료사료 내 영양소 함량은 원료사료의 가격을 결정하는 중요한 요소 중에 하나이므로, 경제적인 사료배합을 위해서

는 원료사료들의 영양적 가치를 바탕으로 원료사료의 경제적 가치평가가 정밀하게 이루어져야 한다. 이러한 원료사료의 정확한 영양소 경제적 가치평가는 원료사료 내 총 영양소의 함량에 대한 정보뿐만 아니라, 실제로 동물에서 이용 가능한 영양소에 대한 정보를 바탕으로 이루어져야 한다.

본 연구에서 원료사료의 경제적 가치평가를 위해 예로 들어 설명할 대체원료는 옥수수주정박으로, 옥수수에서 에탄올을 생산한 후 부가적으로 생산되는 원료사료이다. 미국 내에서 생산되는 에탄올의 대부분은 옥수수로부터 생산되고 있으며(US Grains Council, 2012), 이로 인해 생성되는 옥수수주정박의 총 생산량은 2015년 기준 40만 톤이고, 이 중 34%인 약 13만톤이 45개국으로 수출되었으며(USDA ERS Database, 2015), 수출국들 중 한국은 전체 수출되는 옥수수주정박량의 약 4.6% 정도를 수입하고 있다고 보고되고 있다

[†] To whom correspondence should be addressed : changsukong@gmail.com

(United Nations Comtrade Database, 2015). 또한, 육계에서 대체원료로서의 영양적 가치를 평가하기 위한 다수의 실험이 진행되고 있다(US Grains Council, 2012).

St-Pierre and Glamocic(2000)에 의해 개발된 원료사료의 경제적 가치평가를 위한 프로그램이 있긴 하지만, 접근과 사용이 쉽지 않다는 단점을 가지고 있다. 또한, 미국 내 여러 대학 연구팀은 동물사료에서 옥수수주정박의 경제적 가치 평가를 위한 프로그램을 개발 및 배포하였지만(Gabler et al., 2000; Thomson and Nolan, 2001; Roush et al., 2007), 육계에서는 관련 연구가 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구의 목적은 육계 배합사료를 위한 대체 원료사료 도입 시 기존 원료사료인 옥수수 및 대두박의 가격 및 영양소 함량, 대체 원료사료의 영양소 함량 및 배합사료 내 첨가량을 기준으로 전체 배합사료 경제적 가치의 최종 변화를 추정하여 대체 원료사료의 경제적 가치를 계산하는 것이다.

재료 및 방법

1. 기준 원료사료 및 대체 원료사료

본 연구에서 계산에 사용된 기준 원료사료는 옥수수 및 대두박을 이용하였고, 대체 원료사료는 옥수수주정박을 이용하였다. 옥수수와 대두박에 대한 에너지가와 무기물 함량

에 대한 정보는 Sauvant et al.(2004)에서 아미노산 함량에 대한 정보는 AMINODat 4.0(Evonik Industries, 2010)의 데이터베이스를 사용하였고, 옥수수주정박의 에너지가, 아미노산 및 무기물 함량에 대한 정보는 각각 Waldroup et al.(2007), AMINODat 4.0(Evonik Industries, 2010) 및 Wang et al.(2007)의 데이터베이스를 각각 이용하였다(Table 1).

2. 대체 원료사료의 경제적 가치의 계산

대체 원료사료의 경제적 가치 계산을 위한 기본원리는 영양소 함량의 변화없이 기준 원료사료인 옥수수 및 대두박을 대체 원료사료로 대체하였을 때 경제적 가치, 즉 가격의 변화를 비교하는 것이다. 대체 원료사료로 기준 원료사료를 대체 시, 기준 원료사료와 대체 원료사료의 영양소 함량이 서로 달라 대체 원료사료만으로 기준 원료사료의 일부를 완전히 대체할 수 없기 때문에 영양소 함량을 고려하여 보충사료를 추가하여 영양소 함량의 균형을 맞춰 주어야 한다. 계산을 위해 추가되는 보충사료로 합성아미노산, 대두유, 석회석 및 제2인산칼슘이 사용되었다.

3. 워크시트 구성

대체 원료사료의 경제적 가치 계산을 위해서 Microsoft® Excel 2016로 4개의 워크시트를 작성하였다. 워크시트 1

Table 1. Nutritional composition of feed ingredients used in this study (As-is basis)¹

Ingredients	AMEn (kcal/kg)	Standardized ileal digestible basis				Total Ca (%)	Avail. P (%)
		Lys (%)	Met (%)	Thr (%)	Trp (%)		
Corn	3,128.9	0.221	0.150	0.247	0.049	0.030	0.060
SBM 48% CP	2,221.3	2.628	0.576	1.581	0.570	0.310	0.240
Corn-DDGS	2,770.0	0.570	0.430	0.706	0.168	0.070	0.480
DCP ²	-	-	-	-	-	24.80	14.98
Limestone	-	-	-	-	-	35.84	-
Soybean oil	9,004.5	-	-	-	-	-	-
DL-Met	-	-	99.00	-	-	-	-
L-Lys	-	79.80	-	-	-	-	-
L-Thr	-	-	-	99.00	-	-	-
L-Trp	-	-	-	-	98.50	-	-

¹ The values of nitrogen corrected apparent metabolizable energy and mineral contents in feed ingredients were derived from Sauvant et al. (2004). The values of nitrogen corrected apparent metabolizable energy and mineral contents in corn-distiller's dried grains with solubles were derived from Waldroup et al. (2007) and Wang et al. (2007), respectively. The values of amino acids concentrations of all feed ingredients were derived from AMINODat 4.0 (Evonik Industries, 2010).

² DCP = dicalcium phosphate.

(Fig. 1)은 기준 원료사료에서 대체 원료사료로 대체 시 가격의 순변화를 계산하기 위해서 사용되는 모든 원료사료와 보충사료들의 영양소함량에 대한 정보를 입력한 워크시트이다. 이후, 대체 원료사료와 기준 원료사료내 영양소 함량의 균형을 맞추기 위한 워크시트 2(Fig. 2)를 작성하여 각각의 원료들의 대체가(Replacement Value)를 구하였다. 본 연구의 대체가를 구하기 위한 계산에서는 질소보정 외관상대사에너지(Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy), 표준회장가소화(Standardized ileal digestible) 라이신(Lys), 메티오닌(Met), 트레오닌(Thr), 트립토판(Trp), 총칼슘(Total Ca), 및 가용인(Available P)의 함량이 영양소 균형을 맞추기 위한 계산에 고려되었다. 워크시트 3과 4(Fig. 3 and Fig. 4)에서는 워크시트 2에서 구해진 대체가를 이용하여 기준 원료사료를 대체 원료사료로 일정비율만큼 대체 시 변화되는 kg당 사료가격(Fig. 3)과 이를 기준으로 한 대체원료사료의 가격(Fig. 4)을 구하였다.

4. 워크시트를 이용한 대체 원료사료 가격 계산방법

워크시트 2(Fig. 2)는 대체가를 계산하기 위한 상단과 하단의 두 개의 표로 구성되어 있으며, 상단 표에는 대체 원료사료와 추가 보충사료의 함량과 그에 따른 에너지 및 영양소 함량이 계산되어 있고, 하단 표에는 기준 원료사료인 옥수수 및 대두박과 추가되는 보충사료의 함량과 그에 따른 에너지 및 영양소 함량이 계산되어 있다. 상단과 하단 표에 원료사료와 보충사료의 함량을 입력하는 기준은 상단과 하

단의 대체가의 합과 에너지와 영양소 함량의 합을 동일하게 되도록 하는 것이다. 이를 위해, 각 원료사료들의 함량을 조절하는 순서는 대체 원료사료, 즉 옥수수주정박을 100%로 먼저 고정하고, 단위가 가장 큰 에너지부터 시작하여 아미노산, 인 그리고 칼슘 순이었고, 상단과 하단의 에너지 및 영양소 함량의 차이가 0에 가깝도록 하기 위해 엑셀에서의 목표 값 찾기(데이터-가상분석-목표값 찾기) 기능을 이용하였다. 그 후, 워크시트 3에는 사용된 원료사료들의 단위가격을 상단에 표에 입력하였으며, 이때 사용된 옥수수주정박을 제외한 옥수수과 대두박 및 보충사료의 가격은 국내에서 유통되고 있는 가격(2016.04월 기준)을 이용하였고, 옥수수주정박의 가격은 옥수수 가격의 90%인 값을 임의로 설정해 이용하였다. 하단의 표에는 워크시트 2에서 구한 대체가를 100으로 나누어 변환한 계수 값을 입력하였으며, 이후 임의로 설정한 대체 원료사료의 첨가율(15%)에 맞춰 옥수수와 대두박 및 보충사료의 추가되는 함량(%)과 이를 반영한 가격을 계산하였다. 하단 좌측에는 대체 원료사료인 옥수수주정박과 에너지 및 영양소 균형을 맞추기 위해 추가된 보충사료의 함량과 가격 및 가격의 합계가 계산되었고, 하단 우측에는 옥수수, 대두박 및 추가된 보충사료의 함량과 가격 및 가격의 합계가 계산되었다.

결과 및 고찰

연료용 에탄올 생산은 다양한 곡류를 이용해 생산할 수

Ingredient Bank	AMEn kcal/kg	Standardized ileal digestible basis				Total Ca %	Avail P %
		Lys %	Met %	Thr %	Trp %		
Ingredients (As-is basis)							
Corn	3128.88	0.221	0.150	0.247	0.049	0.030	0.060
SBM 48% CP	2221.27	2.628	0.576	1.581	0.570	0.310	0.240
Corn-DDGS	2770.00	0.570	0.430	0.706	0.168	0.070	0.480
Dicalcium phosphate						24.80	14.98
Limestone						35.84	
Soybean oil	9004.49						
DL-Met			99.00				
L-Lys-HCl		79.80					
L-Thr				99.00			
L-Trp					98.50		

Fig. 1. Nutrient compositions of selected feed ingredients used in this trial. Composition values are on an as-fed basis. The values of nitrogen corrected apparent metabolizable energy and mineral contents in feed ingredients were derived from Sauvante et al. (2004). The values of nitrogen corrected apparent metabolizable energy and mineral contents in corn-distiller's dried grains with solubles were derived from Waldroup et al. (2007) and Wang et al. (2007), respectively. The amino acids concentrations of all feed ingredients were derived from AMINODat 4.0 (Evonik Industries, 2010).

Set the level of alternative inclusion rate to 100.
Then, enter directly inclusion rate of each ingredient so that there is no difference between two diets

Ingredient Bank	Replacement value	AMEn	Standardized ileal digestible basis				Total Ca	Avail P
			Lys	Met	Thr	Trp		
(As-is basis)	%	kcal/g	%	%	%	%	%	
Corn-DDGS	100.000	2770.00	0.57	0.43	0.71	0.17	0.07	0.48
Soybean oil	3.344	9004.49	.	.	.	.	.	.
Limestone	1.817	.	.	.	.	.	35.84	.
	105.16	3071	0.570	0.430	0.706	0.168	0.721	0.480

Ingredient Bank	Replacement value	AMEn	Standardized ileal digestible basis				Total Ca	Avail P
			Lys	Met	Thr	Trp		
(As-is basis)	%	kcal/g	%	%	%	%	%	
Corn	88.925	3128.88	0.22	0.15	0.25	0.05	0.03	0.06
SBM 48% CP	13.000	2221.27	2.63	0.58	1.58	0.57	0.31	0.24
L-Lys-HCl	0.040	.	79.80	.	.	.	.	.
L-Trp	0.051	.	.	.	.	98.50	.	.
L-Thr	0.284	.	.	.	99.00	.	.	.
DL-Met	0.223	.	.	99.00	.	.	.	.
Dicalcium phosphate	2.638	.	.	.	.	.	24.80	14.98
	105.16	3071	0.570	0.430	0.706	0.168	0.721	0.480
Difference		0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fig. 2. Nutrient contents to calculate the replacement coefficient. Each replacement value is calculated by balancing the nutrient contents among feed ingredients.

있지만 그 중 옥수수수를 이용한 주정박 생산이 주를 이룬다. 하지만, 옥수수주정박 내 영양소 함량은 생산공장에 따라 변이가 있을 수 있기 때문에 사료원료로서의 가격 측정 시 영양소 함량이 고려된 유동적인 가격 책정이 필요하다.

본 연구에서 사용된 계산의 목적은 에너지, 아미노산, 칼슘 및 인 함량과 원료사료의 가격을 바탕으로 대체 원료사료의 적절한 가격을 간단히 계산할 수 있는 방법을 제공하는 것이었고, 이를 위해 마이크로소프트사의 엑셀 2016을 사용하였다. 엑셀 워크시트에 입력한 영양소 정보와 가격은 사용자의 필요에 따라 수정이 가능하기 때문에 사용자에 따라 유동적인 원료사료의 가격 계산을 가능하게 하였다. 앞서 설명한 내용을 바탕으로 에너지와 영양소를 고려하여 옥수수수과 대두박을 옥수수주정박으로 대체하기 위해 보충사료를 추가하여 균형을 맞추어 구해진 대체계수를 이용하여 방정식으로 표현하면 다음과 같다.

$$1 \times \text{옥수수주정박} + 0.0334 \times \text{대두유} + 0.0182 \times \text{석회석} = 0.8893 \times \text{옥수수} + 0.13 \times \text{대두박} + 0.0004 \times \text{라이신}$$

$$+ 0.0022 \times \text{메티오닌} + 0.0005 \times \text{트립토판} + 0.0028 \times \text{트레오닌} + 0.0264 \times \text{제2인산칼슘}$$

위 방정식에서 좌항에 위치한 원료들과 대체계수는 단위 무게 1인 옥수수주정박을 옥수수 및 대두박으로 대체했을 때 옥수수주정박과 추가로 첨가되어야 하는 보충사료들의 비율(대두유 = 0.0182, 석회석 = 0.0182)을 나타내고, 우항은 옥수수(0.8893) 및 대두박(0.13), 그리고 함께 추가로 제외되어야 하는 보충사료들의 비율(라이신 = 0.0004, 메티오닌 = 0.0022, 트립토판 = 0.0005, 트레오닌 = 0.0028, 제2인산칼슘 = 0.0264)을 나타낸다.

본 연구에서 가정한 옥수수주정박의 가격이 옥수수 가격의 90%이고, 옥수수과 대두박 대신 옥수수주정박으로 15% 대체할 경우 발생하는 사료가격의 순변화를 위 방정식을 바탕으로 계산해 보면 kg 당 약 9.46원 절감되는 것으로 계산되었다(Fig. 3). 2017년 7월 27일 US Grain Council 주간 옥수수주정박 거래보고서에 따르면 2017년 8월 국내로 유통된 옥수수주정박의 가격은 206.08 원/kg으로 이는 본 계산에서

Corn-distiller's dried grain with solubles (DDGS) Calculator
Replacement value of corn-DDGS in corn-SBM based diets fed to poultry
(energy source: Soybean oil)

Directions: Update the prices and change corn-DDGS inclusion rate (%) in the colored boxes.

Feed ingredient	Unit	
Corn-DDGS	270 Won/kg	
Corn	230 Won/kg	
SBM 48% CP	440 Won/kg	
DL-Met	5100 Won/kg	
L-Lys-HCl	1500 Won/kg	
L-Thr	1970 Won/kg	
L-Trp	3000 Won/kg	
Dicalcium phosphate	540 Won/kg	
Limestone	33 Won/kg	
Soybean oil	730 Won/kg	
Corn-DDGS inclusion:		15.0 %

To be increased	RC*	%	Won/kg of feed	To be decreased	RC*	%	Won/kg of feed
Corn-DDGS	1.00000	15.000	40.51	Corn	-0.88925	-13.339	-30.68
Soybean oil	0.03344	0.502	3.6619	SBM 48% CP	-0.13000	-1.950	-8.5800
Limestone	0.01817	0.273	0.0900	L-Lys-HCl	-0.00040	-0.006	-0.0902
				L-Trp	-0.00051	-0.008	-0.2295
				L-Thr	-0.00284	-0.043	-0.8387
				DL-Met	-0.00223	-0.034	-1.7091
				Dicalcium phosphate	-0.02638	-0.396	-2.1368
Sum:			44.26	Sum:			-44.26

Net change of feed cost by using 15% of Corn-DDGS is Won 0 (=44.26-44.26) per kilogram of feed.

* RC represents replacement coefficients.

Fig. 4. A sample calculation for the price of alternative feed ingredient (corn-distiller’s dried grains with solubles; corn-DDGS) when the net change of feed price by using 15% of corn-DDGS was set at 0 won per kg of feed. The price of corn-DDGS was calculated to be 270 won per kg of feed when the energy and nutrient concentration of feed ingredients were considered in the calculation.

(Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy), 표준화장가소화(Standardized ileal digestible) 라이신(Lys), 메티오닌 (Met), 트레오닌(Thr) 및 트립토판(Trp) 그리고 총 칼슘(Total Ca)과 가용인(Available P) 함량을 바탕으로 계산하였다. 계산 결과, 옥수수주정박 단위무게당 새로 첨가되거나 제외되는 원료사료들의 함량에 대한 방정식은 다음과 같다:

$$\begin{aligned}
 &1 \times \text{옥수수주정박} + 0.0334 \times \text{대두유} + 0.0182 \times \text{석회석} \\
 &= 0.8893 \times \text{옥수수} + 0.13 \times \text{대두박} + 0.0004 \times \text{라이신} \\
 &\quad + 0.0022 \times \text{메티오닌} + 0.0005 \times \text{트립토판} + 0.0028 \times \\
 &\quad \text{트레오닌} + 0.0264 \times \text{제2인산칼슘}
 \end{aligned}$$

위 식과 원료사료들의 가격을 이용하여 옥수수주정박을 각 원료사료의 에너지와 영양소함량을 고려하여 15% 정도 옥수수와 대두박을 대체시 옥수수주정박의 가격은 270원/kg

으로 계산되었다. 결론적으로 본 연구에서 이용한 엑셀기반 계산 프로그램은 육계 사료에서 대체원료의 경제적 가치를 판단할 때에 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다.

(색인어: 대체원료사료, 사료가격, 육계, 대체가)

사 사

본 연구는 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 이공분야 기초연구사업(NRF-2015R1C1A1A02036777).

REFERENCES

Dozier III WA, Kidd MT, Corzo A 2008 Dietary amino acid responses of broiler chickens: A review. J Appl Poult Res

- 17(1):157-167.
- Evonik Industries 2010 AMINODat 4.0. Platinum version. Evonik Degussa GmbH, Hanau-Wolfgang, Germany.
- Gabler MT, Tozer PR, Heinrichs AJ 2000 Development of a cost analysis spreadsheet for calculating the costs to raise a replacement dairy heifer. *J Dairy Sci* 83(5):1104-1109.
- Roush WB, Purswell J, Branton SL 2007 An adjustable nutrient margin of safety comparison using linear and stochastic programming in an excel spreadsheet. *J Appl Poult Res* 16(4):514-520.
- Sauvant D, Perez JM, Tran G 2004 Tables of Composition and Nutritional Value of Feed Materials: Pigs, Poultry, Cattle, Sheep, Goats, Rabbits, Horses and Fish. Wageningen Academic Publishers.
- St-Pierre NR, Glamocic D 2000 Estimating unit costs of nutrients from market prices of feedstuffs. *J Dairy Sci* 83(6):1402-1411.
- Thomson E, Nolan J 2001 UNEForm: A powerful feed formulation spreadsheet suitable for teaching or on-farm formulation. *Anim Feed Sci Tech* 91(3-4):233-240.
- United Nations Comtrade Database 2015 United Nations Comtrade Database. Available from: <https://comtrade.un.org/>. Accessed on September 2017.
- US Grains Council 2012 DDGS User Handbook, 3rd ed. Available from: http://msue.anr.msu.edu/uploads/236/58572/cfans_asset_417244.pdf. Accessed on September 2017.
- USDA ERS Database 2015 Available from: <https://www.ers.usda.gov/data-products/us-bioenergy-statistics/>. Accessed on September 2017.
- Waldroup PW, Wang Z, Coto C, Cerrate S, Yan F 2007 Development of a standardized nutrient matrix for corn distillers dried grains with solubles. *Int J Poult Sci* 6(7): 478-783.
-
- Received Apr. 18, 2018, Revised May 14, 2018, Accepted May 14, 2018

