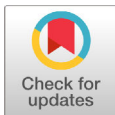


최근 한우 섬유질배합사료의 현장적용 동향

박웅렬^{1*} · 백석환² · 주종철³¹코니아(주)²대전 석청농장³연암대학교 축산학과

Recent trends in field application of Korean beef total mixed ration

Woong Yeoul Park^{1*}, Seokhwan Baek², Jong Cheol Joo³¹Cornia Co., Ltd., Cheonan 31163, Korea²Seokcheong Farm, Daejeon 34000, Korea³Division of Animal Husbandry, Yonam College, Cheonan 31005, Korea

Received: Feb 13, 2026

Revised: May 7, 2026

Accepted: May 18, 2026

*Corresponding author

Woong Yeoul Park
Cornia Co., Ltd., Cheonan 31163,
Korea
Tel: +82-10-5217-5789
E-mail: parkwy@cornia.comCopyright © 2026 Korean Society of
Animal Science and Technology.
This is an Open Access article
distributed under the terms of the
Creative Commons Attribution
Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>)
which permits unrestricted
non-commercial use, distribution,
and reproduction in any medium,
provided the original work is properly
cited.

ORCID

Woong Yeoul Park
<https://orcid.org/0009-0007-8715-1299>
Seokhwan Baek
<https://orcid.org/0009-0003-1159-4588>
Jong Cheol Joo
<https://orcid.org/0009-0004-1209-7716>

Abstract

In the Korean beef industry, the spread of total mixed ration (TMR) is increasing to reduce feed costs and improve carcass quality. In the case of on-farm self-mixed TMR, feed costs per head were reduced by about 23% compared to farms feeding general purchased feed. The use of food by-products such as bread, noodles, and beer waste as raw materials for TMR is increasing. A feature of the TMR manufacturing process is the introduction of fermentation technology, which greatly helps in the storage of each raw materials and products and in improving the carcass performance of cattle. In addition, moisture addition heating technology has been introduced and is effective at increasing digestibility. For accurate nutritional formulation of TMR, the Korean beef TMR computer program provided by the National Institute of Animal Science is widely used. In the nutritional design sector, there is a tendency to increase nutritional content, especially protein content, to shorten the fattening period of Korean beef.

Keywords: Total mixed ration, Hanwoo, Fermentation, Formulation

서론

한우는 최근 23여년간 생체중 및 고기의 품질면에서 많은 발전이 있었다. 거세한우 기준으로 생체중은 2001년의 586 kg에서 2023년 787 kg으로 201 kg(34.3%)이 증가하였고, 근내지방도 또한 3.5에서 6.2로 2.7포인트(77.1%)로 향상된 것으로 나타났다[1]. 이러한 꾸준한 지속성적과 고기의 품질향상에 동반하여 거세한우의 경락단가 또한 큰 폭으로 상승하였다(Table 1).

이러한 성장을 뒷받침하는 것은 ‘한우의 개량’, ‘사양관리 기술’ 및 ‘사료 및 영양’을 들 수 있다. 한우를 비롯한 반추가축의 사료 및 영양 설계 관련 연구들은 처음 낙농분야에서 많은 발전이 있었고, 농장들이 대규모화와 고능력우에 대한 정밀사양 및 영양관리를 현장에 접목시키는 방안

Competing interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Funding sources

Not applicable.

Acknowledgements

Not applicable.

Availability of data and material

Upon reasonable request, the datasets of this study can be available from the corresponding author.

Authors' contributions

Conceptualization: Park WY, Baek S, Joo JC.
Data curation: Joo JC.
Formal analysis: Park WY.
Methodology: Baek S.
Investigation: Park WY, Baek S, Joo JC.
Writing - original draft: Park WY.
Writing - review & editing: Park WY, Baek S, Joo JC.

Ethics approval and consent to participate

This article does not require IRB/ IACUC approval because there are no human and animal participants.

으로 낙농 섬유질배합사료(total mixed ration, TMR)가 널리 보급되었다[2]. 그러나 한우산업 또한 농가당 사육두수가 확대되었고, 생산성 향상을 위한 고체중 및 우수한 육질 등급 확보가 필수적인 과제로 대두되었다. 이러한 산업적 요구는 TMR 사료의 수요 증가로 이어졌으며, 특히 사료비 절감과 맞춤형 영양 설계를 목적으로 농가에서 직접 사료를 배합하는 자가배합 TMR 방식이 널리 보급되는 계기가 되었다.

현재 자가배합 TMR 농가들의 TMR 생산 주요목적은 생산비 절감과 등급출현율 향상이며, 일부 농가에서는 확보한 국내산 조사료 및 농식품부산물의 효율적 활용에 있다. 현재 현장에서 활용 중인 한우 TMR에 관하여 'TMR 생산비', 'TMR 원료(농식품부산물)', '발효 TMR', '화식 TMR', 'TMR 전산프로그램 활용', 'TMR 영양성분'으로 나누어 현장에서의 특이한 변화에 관한 부분을 기술하고자 한다.

TMR(total mixed ration) 생산비

Table 2에서 농가의 TMR 배합비와 영양성분 그리고 급여 프로그램을 보여주고 있다(2023년 5월 원료비 기준). 각 비육 단계별 TMR의 원재료비는 육성우 273.6원/kg 및 비육우 330.7원/kg 으로 Table 3에서 제시한 거세한우 TMR 급여프로그램 대입하여 사료비를 계산하면, 사육 두당 사료비는 344만 원이다.

배합사료 가격은 지역과 사료회사에 따라 상이하나, Table 4의 2023년 5월 충청지역 A축협의 배합사료 판매 가격 기준, 거세 한우의 입식에서 출하까지의 24개월간의 총사료비(조사료 포함)는 444만 원이었다. 자가배합 TMR과 배합사료를 구입하여 사용하는 농가에서 두당 100만 원의 사료비의 차이가 있음을 알 수 있다. 물론 TMR 기계 구입에 따른 감가상각비와 인건비는 제외되어 있지만, 100두 규모의 농장에서 2년간 운영할 경우, TMR 기계 구입비용인 0.8-1억 원 정도의 비용이 상쇄되고 그 후의 운영기간에서 농가에 수익성 보전에 큰 기여가 예상된다.

식품부산물의 사용

TMR 사용 농가와 생산업체들은 원료비 절감을 위해 인근 지역에서 주정박, 밀가루식품 부산물, 버섯배지부산물 등의 값싼 식품부산물들을 구입하여 사용하는 것이 증가하고 있다. 이전에는 거의 운반비만 지급하고 가져오던 원료들이 현재에는 원하는 공장과 농가들이 증가하면서 가격이 점점 상승하는 경향을 보이고 있다. 맥주박의 경우 5년 전 kg당 60원 이하에서 거래되었으나, 현재는 130원(별크 기준) 내외로 큰 폭으로 가격이 상승하였다. 현재 TMR 업체 및 농가간의 원료 확보경쟁이 매우 치열한 상황이다.

2017년 연암대학교 및 보령농업기술센터와 함께 실시한 보령지역 자가배합 TMR 농가를 대상으로 실시한 TMR 연구사업의 결과를 보면(Fig. 1), 마블링 침착에 필요한 원료로 가장 많이 사용되는 탄수화물 공급원인 옥수수를 빵박, 국수, 떡볶이 등의 밀가루 식품 부산물로 대체 급여하였을 때, 일반 한우는 물론 일본 화우보다도 높은 등심내 50.4%의 높은 올레인산 함량을 보였다. 이와 같이 국내산 식품부산물의 적절한 사용은 원가절감은 물론 소고기의 품질고급화에도 도움을 줄 것으로 기대되어 보다 깊이 있는 연구가 요구된다.

그러나 식품부산물들은 식품기준에 미달한 제품으로, 사료원료로 사용하였을 때 종종 곰팡이 독소 등의 문제로 인해 비육우에서는 사료섭취량의 저하와 갑작스런 폐사 그리고 번식우에서는 유산 등의 문제를 야기하기도 한다[3]. 이러한 부분의 방지책으로 곰팡이 독소 흡착제 등의 첨가

Table 1. Changes in carcass characteristics and auction price for Hanwoo steers

Year	Live weight (kg)	Carcass weight (kg)	Backfat thickness (mm)	Rib eye area (cm ²)	Meat yield index (%)	Marbling score (no.)	Auction price (KRW)
2001	586	348	10.0	79.1	68.1	3.5	13,050
2004	632	382	11.8	82.8	67.2	4.3	13,454
2007	657	396	12.0	84.4	65.4	4.8	14,918
2010	695	419	12.9	88.7	64.8	5.2	16,501
2011	701	422	13.2	89.5	64.6	5.2	13,518
2012	701	417	13.1	89.6	64.8	5.4	14,720
2013	704	420	12.7	89.5	65.0	5.5	13,951
2014	712	425	12.9	89.9	64.8	5.4	14,961
2015	719	430	13.5	91.2	64.5	5.5	16,826
2016	729	436	13.7	91.8	64.3	5.6	18,883
2017	737	440	13.8	92.1	64.2	5.8	17,652
2018	745	444	14.0	93.5	64.2	5.8	18,668
2019	748	446	13.8	95.0	64.1	5.9	19,033
2020	750	447	13.5	95.0	61.6	5.9	21,140
2021	761	454	13.2	95.4	61.6	6.0	22,557
2022	774	461	12.8	97.0	61.7	6.2	20,842
2023	787	467	12.7	97.7	61.7	6.2	18,489
Difference ('01-'23)	201	119	2.7	18.6	-6.4	2.7	5,439
Difference ('01-'23; %)	34.3	34.2	27.0	23.5	-9.4	77.1	41.7

KRW, Korean Won.

제를 혼합하는 방법과 입고된 식품부산물들을 발효시켜 보관하는 방법 등이 사용되고 있다[4]. 이러한 복합적인 원인들이 발효사료와 발효 TMR의 확산을 촉진시키는 계기가 되었다.

발효 TMR(total mixed ration)

발효 TMR은 제조한 TMR 전체 혹은 TMR에 사용할 원료의 일부를 발효해서 소에게 급여하는 기술이다[5-7]. 이전에는 전분질이 풍부한 식품 밀가루 식품부산물 등을 영양성분만의 가치를 고려하여 TMR 원료로써 혼합 사용하였는데, 현재에는 이러한 원료들에 발효기술을 도입하여 품질이 우수한 기능성 TMR 원료로써 사용되고 있다[8,9]. Table 5에서 보여주는 것과 같이 TMR에 유산균, 고초균, 효모균 등의 발효균주를 혼합하여 발효시키면, 제품의 안정적인 품질관리와 함께 소의 장내 환경 개선과 사료의 소화 이용성 증가 그리고 유익한 발효부산물의 섭취로 인해 소를 더욱 건강하게 사육할 수 있다[10].

또한, 안정적인 품질의 발효 TMR을 제조하기 위해서는 혐기 상태의 보존과 적산온도(발효일차 × 외부온도) 관리가 필요하다. 그래서 농장 혹은 공장들에서는 Fig. 2 및 Fig. 3과 같은 방법과 장비를 도입하여 발효 TMR을 제조하고 있다. TMR 공장과 대전 석청농장의 적정 혐기발효 후의 발효사료와 발효 TMR의 균주를 분석한 결과 유산균 기준 균주가 g당 평균 10^7 - 10^9 의 높은 수치를 보였다(Fig. 4 및 5). 이러한 균주의 숫자뿐만 보면 시중에 판매되고 있는 생균제와 큰

Table 2. Example of total mixed ration formulation for Hanwoo steers

Item	Growing stage	Early fattening stage	Fermented feed	Ingredient price (KRW)
Ingredient composition (%)				
Basal diet	–	–	32.0	530
Molasses	–	–	3.0	480
Corn flake	3.0	26.5	–	520
Soybean meal	1.0	5.0	–	855
Rice bran	–	–	31.0	250
Enoki mushroom	24.7	4.2	–	55
Bread meal	7.0	5.0	–	350
Brewer's grain	7.0	9.5	–	100
Fermented feed (self-produced)	22.0	22.0	–	292
Alfalfa pellets	6.0	–	–	620
Alfalfa hay	5.0	–	–	750
Italian ryegrass	15.6	–	–	250
Wild grass	7.8	–	–	285
Rice straw	–	15.0	–	257
Ryegrass (imported)	–	2.5	–	400
Salt	0.3	0.3	0.5	250
Limestone	0.6	–	–	100
Vitamin premix	0.02	0.005	–	10,000
Urea	–	–	0.2	800
Probiotic culture broth (self-produced)	–	–	3.0	270
Water	–	10.01	30.3	1
Total	100.0	100.0	100.0	–
Total cost	273.6	330.7	269.0	–
Chemical composition				
Moisture (%)	41.7	40.5	41.0	
Roughage content (% DM)	41.0	18.9	–	
Total digestible nutrients (% DM)	67.3	80.5	85.0	
Crude protein (% DM)	16.7	14.4	18.3	
Crude fat (% DM)	5.5	5.4	12.2	
Neutral detergent fiber (% DM)	43.0	29.1	29.5	
Acid detergent fiber (% DM)	26.2	17.8	13.8	

KRW, Korean Won; DM, dry matter.

차이가 없었고, TMR 사료의 품질증대에 많은 도움을 주고 있다[11,12]. 발효 TMR은 반추위내 미생물 군총에 변화를 주며, 메탄 생성균의 활성 억제를 통해 일반사료 대비 메탄 배출량을 저감하는 효과가 있는 것으로 보고되고 있다[13–15].

Table 3. TMR feeding program for Hanwoo steers¹⁾

Item	Age (month)	Body weight (kg)	Average daily gain (kg/day)	Monthly gain (kg/month)	Feed intake (as-fed basis, kg/day)			
					FTMR growing	FTMR early fattening	Growing stage feed	Corn flake
Stock	6	180	–	–	–	–	4.0	–
Growing stage (7–12 month)	7	205	0.85	25.0	5.0	–	–	–
	8	231	0.85	26.0	11.0	–	–	–
	9	257	0.85	26.0	12.0	–	–	–
	10	283	0.85	26.0	13.0	–	–	–
	11	309	0.89	26.0	13.0	–	–	–
	12	336	0.89	27.0	14.0	–	–	–
Early fattening stage (13–22 month)	13	363	0.89	27.0	15.0	–	–	–
	14	390	0.92	27.0	7.0	7.0	–	–
	15	418	0.92	28.0	–	14.5	–	–
	16	446	0.95	28.0	–	14.5	–	–
	17	475	0.98	29.0	–	15.0	–	–
	18	505	0.98	30.0	–	15.0	–	–
	19	535	0.98	30.0	–	15.5	–	–
	20	565	0.98	30.0	–	16.0	–	–
	21	595	0.95	30.0	–	16.0	–	–
	22	624	0.89	29.0	–	16.0	–	–
Late fattening period (23–30 month)	23	651	0.85	27.0	–	13.0	–	2.0
	24	677	0.79	26.0	–	13.0	–	2.0
	25	701	0.79	24.0	–	13.0	–	2.0
	26	725	0.75	24.0	–	13.0	–	2.0
	27	748	0.69	23.0	–	13.0	–	2.0
	28	769	0.52	21.0	–	13.0	–	2.0
	29	785	0.49	16.0	–	13.0	–	2.0
	30	800	–	15.0	–	13.0	–	2.0

¹⁾Total TMR intake is 9.8 tons, and total TMR production cost is 3.44 million KRW per head. TMR, total mixed ration; FTMR, fermented total mixed ration; KRW, Korean Won.

Table 4. Total feed cost for Hanwoo steers over 24 months¹⁾

Item	Feeding period (month)	Price (KRW/kg)	Feed intake (kg)	Feed cost (KRW)
Growing stage	7 to 13	630	1,170	737,352
Early fattening stage	14 to 22	640	2,478	1,585,664
Late fattening stage	23 to 30	640	2,006	1,284,096
Hay	7 to 14	650	866	563,160
Straw	14 to 30	257	1,034	265,635
Total	–	–	7,554	4,435,907

¹⁾Data were as of May 2023 sourced from Livestock Cooperative A in Chungcheong-do, Korea. KRW, Korean Won.

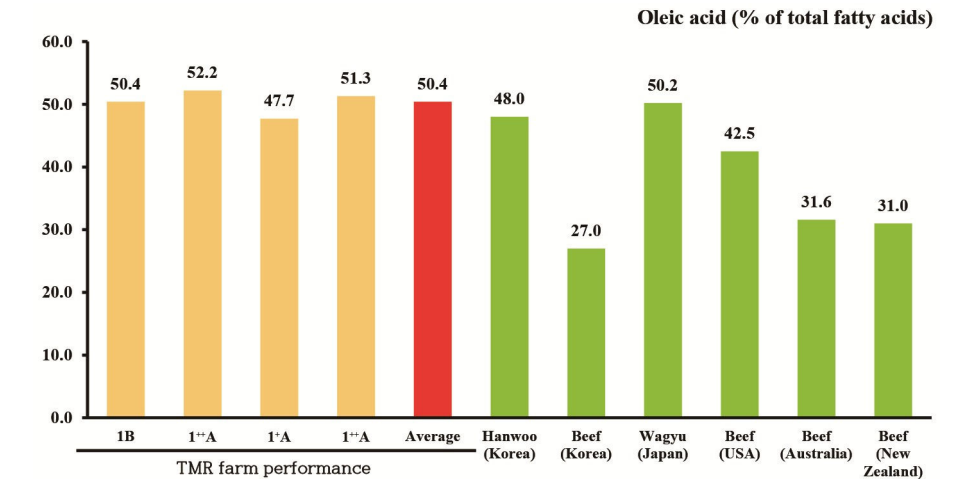


Fig. 1. Comparison of oleic acid contents of intramuscular fat (i.e., marbling) in beef fed to total mixed ration (TMR). Sources from Consulting report on the pilot project for enhancing competitiveness of Hanwoo farms through feed cost reduction in response to FTA. 2017. Boryeong Agricultural Technology Center. FTA, Free Trade Agreement.

Table 5. Beneficial fermentation microorganisms for ruminants

Microorganism type	Characteristics	Fermentation conditions
Lactic acid bacteria (<i>Lactobacillus plantarum</i>)	Inhibition abnormal fermentation of intestinal spoilage bacteria Improvement of gut health and intestinal regulation	Primarily anaerobic
Bacillus (<i>Bacillus subtilis</i>)	Production of protease and amylase, enhancing feed efficiency and digestibility	Primarily aerobic
Yeast (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	Improve palatability and disease resistance Activation of beneficial intestinal bacteria	Primarily aerobic
Fermentation byproducts	Rich in enzymes, organic acids, amino acids, and unknown growth factor	Increases with longer fermentation duration



Fig. 2. Fermented feed for total mixed ration. (a) Outdoor fermentation, (b) indoor warehouse fermentation during winter.



Fig. 3. Total mixed ration (TMR) wrapping equipment. (a) TMR wrapping process, (b) wrapped TMR fermentation.

접수번호		분석기관: 한국단미사료협회
검정번호		사료연구소
제조 수입업자	회사명	
	성명	
	주소	
제품명	발효배이스	
사료명칭	기초배합사료(배합사료원료)	
시료상태	개봉	
제조 또는 수입 년월일	2019년 09월 20일	
의뢰 성분	단위	결과
바실러스 서브틸리스	cfu/g	1.0X10 ⁶
이스트(효모)	cfu/g	2.8X10 ⁶
유산균(락토바실러스속)	cfu/g	2.0X10 ⁸

● 고초균 : 1.0 X 10⁴ cfu/g
 ● 효모 : 2.8 X 10⁶ cfu/g
 ● 유산균 : 2.0 X 10⁸ cfu/g

Fig. 4. Results of fermented feed for total mixed ration formulation.

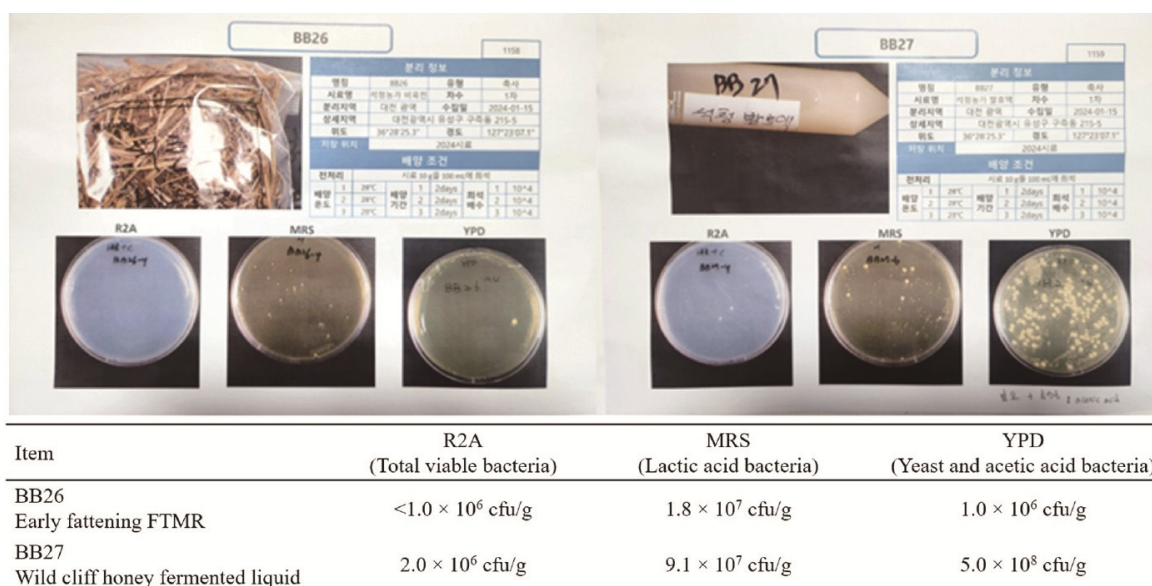


Fig. 5. Results of self-mixed fermented total mixed ration (FTMR) at the farm. Analysis was performed at the Feed Analysis Laboratory, Seoul Livestock Cooperative.



Fig. 6. Total mixed ration (TMR) mixer capable for steaming and Hanwoo steers fed steamed TMR. (a) TMR mixer for steamed TMR production, (b) TMR mixer for steamed TMR production.

화식 TMR(total mixed ration)

최근 한우 TMR 시장에 또 하나의 큰 변화는 TMR 전체 혹은 TMR 원료의 일부를 화식(畵食)을 하여 이용하는 기술이다(Fig. 6). 화식의 주목적은 사료효율의 증가이다. 직접적인 실험 자료는 없으나, 현장 경험에 비추어 볼 때 화식 TMR 급여는 일반 TMR 대비 사료 효율을 일정 수준 개선할 가능성이 있는 것으로 보인다. 또한 최근에는 일부 원료를 고온처리 한 후 TMR 배합하여 다시 발효과정을 거치는 등 고효율의 발효 TMR을 제조하는 농가도 있다. 화식 TMR 급여시의 한 가지 주의할 점은 비타민제 등의 열에 약한 첨가제는 급여 직전 드레싱하여 급여해야 한다.

TMR(total mixed ration) 전산프로그램 활용

국립축산과학원에서는 2015년, 2019년 및 2022년에 한우의 TMR 배합비 작성을 위해 한우사양표준 프로그램(TMR 배합비 프로그램)을 개발 배포하였다(Fig. 7). 또한 각 지역 농업기술센터와 함께 본 프로그램의 사용 방법에 관한 교육사업을 진행하여 현재 TMR을 자가배합하는 농가들은 대부분 본 프로그램을 사용하여 배합비를 작성하고 있다.

농가에서 사용하는 원료와 원료가격을 입력하면 한우의 성별, 월령별 및 사육단계별 필요한 조사료, TDN(total digestible nutrients), 조단백질의 함량이 나오면서, 각 영양소 요구량을 충족

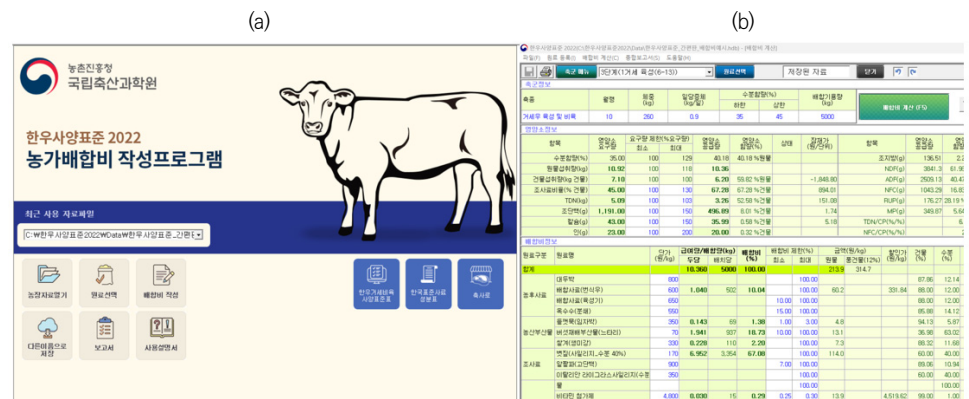


Fig. 7. National Institute of Animal Science software (2022 version). (a) Screen at the beginning of the TMR calculation program, (b) screen for calculating nutrient requirements and ingredient formulation ratios for Hanwoo cattle.

축군정보							
축종	월령	체중(kg)	일당중체(kg/일)	수분함량(%)		배합가용량(kg)	
				하한	상한		
거세우 육성 및 비육	25	640	0.6	37	40	2000	

영양소정보							
항목	영양소 요구량	요구량 제한(%요구량)		영양소 공급량	편차	영양소 함량(%)	상태
		최소	최대				
수분함량(%)	37.00	100	108	33.12	-3.88	33.12 %	
원물성취량(kg)	13.97	100	105	13.97			한우의 체중 및 목표 일당중체
건물성취량(kg 건물)	8.80	100	100	9.34	+0.54	66.88 %	량에 따른 영양소 요구량 표시
조사료비율(% 건물)	8.50	100	130	14.43	+5.93	14.43 %건물	
TDN(kg)	6.94	100	107	7.27	+0.33	77.77 %건물	
조단백(g)	1,169.00	100	200	1,357.53	+188.53	14.53 %건물	
칼슘(g)	38.00	100	200	53.70	+15.70	0.57 %건물	
인(g)	34.00	100	200	33.52	-0.48	0.36 %건물	

Fig. 8. Nutrient requirements of Hanwoo steers by age in the total mixed ration formulation software.

시킨 최소비용의 배합비가 자동계산이 가능하다.

또한 한우의 ‘숫소 육성 및 비육’, ‘거세우 육성 및 비육’, ‘암소육성’, ‘번식우 유지’, ‘임신우’, ‘포유우’의 농가에서 원하는 각 체중 혹은 월령별 영양소 요구량이 제시되고, 배합한 TMR을 얼마나 섭취하여야 본 요구량에 충족되는지를 알 수 있게 되어 있다(Fig. 8). 그리고 사용원료의 영양소 관리항목에는 각 원료의 일반성분과 함께 가소화 영양소 총량(TDN), 반추위 미분해 단백질(rumen undegradable protein, RUP), 및 비섬유성 탄수화물(non-fiber carbohydrates, NFC)이 포함되어 있다.

시중 판매 TMR(total mixed ration)의 영양성분

최근 시중에서 판매 중인 한우용 TMR 영양설계에서의 가장 큰 변화는 단백질 함량 증가이다. 이러한 현상은 현재 정부에서 권장하고 있는 거세한우의 조기출하 목적의 고영양의 비육우 사료 설계의 영향으로 판단된다[16]. 현재 필드에서 높은 등급 출현율로 인기가 있는 제품의 샘플을 분석해 본 결과, 건물 기준으로 육성과 비육 TMR의 조단백질 함량이 각각 20.44%, 23.04%였다(Table 6). 이러한 단백질 함량의 송아지사료의 설계기준으로 비육우에게는 매우 높은 수준이다.

일반적인 비육우의 영양생리로 판단하면, 비육기 때의 과다한 단백질 공급은 혈중 암모니아 농도를 증가시켜 여러 가지 영양대사 문제의 발생이 예상되지만[17,18], 실제 현장 농가들에서는 이와 관련된 피해가 보고된 사례가 드물었다. 이는 TMR에 발효가 결합되어 생산된 발효 TMR는 반추위 내의 영양소 불균형의 피해를 최소화시키면서 사료효율을 증가시켰기 때문이라고 추정된다 [7,15]. 이러한 최근 필드에서 진행 중인 발효 TMR과 고단백질 영양설계 등의 기술들에 관해서, 자가배합 TMR 농가들의 안전하고 안정적인 품질의 TMR 생산을 위해서는 추가적인 검증과 연구가 필요하다.

결론

한우산업에서 사료비 절감과 지육품질 향상을 위하여 TMR의 보급이 증가하고 있다. 농가 자가배합 TMR의 경우 일반 구입사료 급여 농가에 비해 두당 23%가량의 사료비가 절감효과를 보였다. 섬유질배합사료의 원료에서는 빵, 국수, 맥주박 등의 식품부산물의 사용이 증가하고 있다. 섬유질배합사료 제조과정에서의 특징으로는 발효기술이 도입되어 각 원료 및 제품의 보관과

Table 6. Chemical composition of total mixed ration (TMR) products from a commercial feed company

Item (%)	Dry matter basis	As-fed basis
Growing stage TMR		
Moisture	–	41.97
Crude protein	20.44	11.86
Crude fat	6.49	3.77
Crude fiber	15.76	9.15
Neutral detergent fiber	47.35	27.48
Acid detergent fiber	20.19	11.72
Crude ash	8.74	5.07
Calcium	0.85	0.49
Phosphorus	0.65	0.38
Fattening stage TMR		
Moisture	–	39.94
Crude protein	23.04	13.84
Crude fat	6.67	4.00
Crude fiber	12.76	7.67
Neutral detergent fiber	40.84	24.53
Acid detergent fiber	16.74	10.05
Crude ash	9.13	5.49
Calcium	0.87	0.52
Phosphorus	0.64	0.38

소의 지육성적 향상에 많은 도움을 주고 있다. 또한 화식기술도 도입되어 소화율 증대에 효과를 보고 있다. 섬유질배합사료의 정확한 영양설계를 위하여 국립축산과학원에서 제공하는 한우 TMR 전산프로그램이 널리 사용되고 있다. 영양설계 부분에서는 한우의 비육기간 단축을 위하여 영양성분 특히 단백질 함량이 증가하는 경향이 있다. 향후 다양한 농가 현장에서의 실증 데이터를 바탕으로 발효 TMR의 정밀 영양 가치를 검증하는 추가적인 연구가 지속되어야 할 것이다.

REFERENCES

1. Park BH. 2023 Animal products grading statistical yearbook. 18th ed. Sejong: Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation; 2024.

2. Lee S, Lee SM, Lee J, Kim EJ. Feeding strategies with total mixed ration and concentrate may improve feed intake and carcass quality of Hanwoo steers. J Anim Sci Technol. 2021;63:1086-97. <https://doi.org/10.5187/jast.2021.e88>

3. Gallo A, Giuberti G, Frisvad JC, Bertuzzi T, Nielsen KF. Review on mycotoxin issues in ruminants: occurrence in forages, effects of mycotoxin ingestion on health status and animal performance and practical strategies to counteract their negative effects. Toxins. 2015;7: 3057-111. <https://doi.org/10.3390/toxins7083057>

4. Diaz DE, Hagler WM Jr, Blackwelder JT, Eve JA, Hopkins BA, Anderson KL, et al. Aflatoxin binders II: reduction of aflatoxin M1 in milk by sequestering agents of cows

- consuming aflatoxin in feed. *Mycopathologia*. 2004;157:233-41. <https://doi.org/10.1023/B:MYCO.0000020587.93872.59>
5. Kim SH, Ramos SC, Jeong CD, Mamuad LL, Park KK, Cho YI, et al. Growth performance and blood profiles of Hanwoo steers at fattening stage fed Korean rice wine residue. *J Anim Sci Technol*. 2020;62:812-23. <https://doi.org/10.5187/jast.2020.62.6.812>
 6. Kim TI, Mayakrishnan V, Lim DH, Yeon JH, Baek KS. Effect of fermented total mixed rations on the growth performance, carcass and meat quality characteristics of Hanwoo steers. *Anim Sci J*. 2018;89:606-15. <https://doi.org/10.1111/asj.12958>
 7. Nishimura K, Terada F. Effects of fermented total mixed ration on feed intake, digestibility, rumen fermentation, and milk production in dairy cows in a hot environment. *Anim Sci J*. 2025;96:e70116. <https://doi.org/10.1111/asj.70116>
 8. Gao R, Luo Y, Xu S, Wang M, Sun Z, Wang L, et al. Effects of replacing ensiled-alfalfa with fresh-alfalfa on dynamic fermentation characteristics, chemical compositions, and protein fractions in fermented total mixed ration with different additives. *Animals*. 2021;11:572. <https://doi.org/10.3390/ani11020572>
 9. Kim SH, Alam MJ, Gu MJ, Park KW, Jeon CO, Ha JK, et al. Effect of total mixed ration with fermented feed on ruminal in vitro fermentation, growth performance and blood characteristics of Hanwoo steers. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2012;25:213-23. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.11186>
 10. Oh YG, Kim DW, Baek YC, Lee HJ, Jeong HJ, Lee SD, et al. Easy fermented feed manufacturing technology. Wanju: National Institute of Animal Science; 2017.
 11. Kim JY, Lee JH, Baeg CH, Choi BG, Dyasti Wardani AR, Park JJ, et al. Effects of *Lactiplantibacillus plantarum* LM1001 culture on fermentation characteristics and greenhouse gas emissions in the rumen. *Anim Ind Technol*. 2025;12:143-52. <https://doi.org/10.5187/ait.2500013>
 12. Kim M. Investigation of rumen microbiota using 16S rRNA-based metagenomic analysis in Hanwoo cattle. *Anim Ind Technol*. 2024;11:25-9. <https://doi.org/10.5187/ait.2024.11.1.25>
 13. Cao Y, Takahashi T, Horiguchi K, Yoshida N, Cai Y. Methane emissions from sheep fed fermented or non-fermented total mixed ration containing whole-crop rice and rice bran. *Anim Feed Sci Technol*. 2010;157:72-8. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.02.004>
 14. Li Y, Lv J, Wang J, Zhou S, Zhang G, Wei B, et al. Changes in carbohydrate composition in fermented total mixed ration and its effects on in vitro methane production and microbiome. *Front Microbiol*. 2021;12:738334. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.738334>
 15. Song J, Ma Y, Zhang H, Wang L, Zhang Y, Zhang G. Fermented total mixed ration alters rumen fermentation parameters and microbiota in dairy cows. *Animals*. 2023;13:1062. <https://doi.org/10.3390/ani13061062>
 16. Kang DH, Chung KY, Park BH, Kim UH, Jang SS, Smith ZK, et al. Effects of feeding high-energy diet on growth performance, blood parameters, and carcass traits in Hanwoo steers. *Anim Biosci*. 2022;35:1545-55. <https://doi.org/10.5713/ab.22.0014>
 17. Jeon S, Lee M, Seo J, Kim JH, Kam DK, Seo S. High-level dietary crude protein decreased backfat thickness and increased carcass yield score in finishing Hanwoo beef cattle (*Bos taurus coreanae*). *J Anim Sci Technol*. 2021;63:1064-75. <https://doi.org/10.5187/jast.2021.e96>
 18. Lee YH, Ahmadi F, Lee M, Oh YK, Kwak WS. Effect of crude protein content and undegraded intake protein level on productivity, blood metabolites, carcass characteristics, and production economics of Hanwoo steers. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2020;33:1599-609. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0822>