

Animal Industry and Technology(축산기술과 산업) TITLE PAGE

Upload this completed form to website with submission

1
2
3

ARTICLE INFORMATION	Fill in information in each box below
Article Type	Review article
Article Title (English; within 20 words without abbreviations)	Recent trends in field application of Korean beef total mixed ration
Article Title (Korean; English paper can be omitted)	최근 한우 섬유질배합사료의 현장적용 동향
Running Title (English; within 10 words)	Recent trends of Korean beef total mixed ration
Author (English)	Woong Yeoul Park ¹ , Seokhwan Baek ^{2,3} , Jong Cheol Joo ⁴
Affiliation (English)	¹ Cornia Co., Ltd., Cheonan 31163, Korea ² Seokcheong Farm, Daejeon 34000, Korea ³ National Institute of Animal Science, Wanju 55365, Korea ⁴ Division of Animal Husbandry, Yonam College, Cheonan 31005, Korea
Author (Korean; English paper can be omitted)	박웅렬 ¹ , 백석환 ^{2,3} , 주종철 ⁴
Affiliation (Korean; English paper can be omitted)	¹ 코니아(주) ² 대전 석청농장 ³ 국립축산과학원 ⁴ 연암대학교 축산학과
ORCID (for more information, please visit https://orcid.org)	Woong Yeoul Park (https://orcid.org/0009-0007-8715-1299) Seok Hwan Baek (https://orcid.org/0009-0003-1159-4588) Jong Cherl Ju (https://orcid.org/0009-0004-1209-7716)
Competing interests	No potential conflict of interest relevant to this article was reported.
Funding sources State funding sources (grants, funding sources, equipment, and supplies). Include name and number of grant if available.	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 Please specify the authors' role using this form.	Conceptualization: Park WY, Baek SH, Ju JC Data curation: Ju JC Formal analysis: Park WY Methodology: Baek SH Investigation: Park WY, Baek SH, Ju JC Writing - original draft: Park WY Writing - review & editing: Park WY, Baek SH, Ju JC
Ethics approval and consent to participate	This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

4 CORRESPONDING AUTHOR CONTACT INFORMATION

For the corresponding author (responsible for correspondence, proofreading, and reprints)	Fill in information in each box below
First name, middle initial, last name	Woong Yeoul Park
Email address – this is where your proofs will be sent	pwyrumen@hanmail.net
Secondary Email address	
Address	73, Sicheong-ro, Seobuk-gu, Cheonan-si, Chungcheongnam-do, Korea
Cell phone number	+82-10-5217-5789
Office phone number	+82-70-7703-0044
Fax number	+82-31-711-1186

5

6 **Abstract**

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

17

18 **Keywords:** Total mixed ration, Hanwoo, Fermentation, Formulation

19

Accepted

20 서론

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

25 이러한 성장을 뒷받침하는 것은 ‘한우의 개량’, ‘사양관리 기술’ 및 ‘사료 및 영양’을 들 수 있다.
26 한우를 비롯한 반추가축의 사료 및 영양 설계 관련 연구들은 처음 낙농분야에서 많은 발전이 있었
27 고, 농장들이 대규모화와 고능력우에 대한 정밀사양 및 영양관리를 현장에 접목시키는 방안으로
28 낙농 섬유질배합사료 (total mixed ration; TMR)가 널리 보급되었다 [2]. 그러나 한우산업 또한 농가
29 당 사육두수가 확대되었고, 생산성 향상을 위한 고체중 및 우수한 육질 등급 확보가 필수적인 과제
30 로 대두되었다. 이러한 산업적 요구는 TMR 사료의 수요 증가로 이어졌으며, 특히 사료비 절감과 맞
31 춤형 영양 설계를 목적으로 농가에서 직접 사료를 배합하는 자가배합 TMR방식이 널리 보급되는
32 계기가 되었다.

33 현재 자가배합 TMR 농가들의 TMR 생산 주요목적은 생산비 절감과 등급출현율 향상이며, 일부
34 농가에서는 확보한 국내산 조사료 및 농식품부산물의 효율적 활용에 있다. 현재 현장에서 활용 중
35 인 한우 TMR에 관하여 ‘TMR 생산비’, ‘TMR 원료(농식품부산물)’, ‘발효 TMR’, ‘화식 TMR’, ‘TMR
36 전산프로그램 활용’, ‘TMR 영양성분’으로 나누어 현장에서의 특이한 변화에 관한 부분을 기술하
37 고자 한다.

38

39 TMR 생산비

40 Table 2 에서 농가의 TMR 배합비와 영양성분 그리고 급여 프로그램을 보여주고 있다(2023 년 5 월
41 원료비 기준). 각 비육 단계별 TMR 의 원재료비는 육성우 273.6 원/kg 및 비육우 330.7 원/kg 으로

42 Table 3 에서 제시한 거세한우 TMR 급여프로그램 대입하여 사료비를 계산하면, 사육 두당 사료비는
43 344 만원이다.

44 배합사료 가격은 지역과 사료회사에 따라 **상이하**나, Table 4 의 2023 년 5 월 충청지역 A 축협**의**
45 **배합사료 판매 가격 기준**, 거세 한우의 입식에서 출하까지의 24 개월간의 총사료비(조사료 포함)는
46 444 만원이었다. 자가배합 TMR 과 배합사료를 구입하여 사용하는 농가에서 두당 100 만원의
47 사료비의 차이가 있음을 알 수 있다. 물론 TMR 기계 구입에 따른 감가상각비와 인건비는 제외되어
48 있지만, 100 두 규모의 농장에서 2 년간 운영할 경우, TMR 기계 구입비용인 0.8~1 억원 정도의
49 비용이 상쇄되고 그후의 운영기간에서 농가에 수익성 보전에 큰 기여가 예상된다.

50

51 **식품부산물의 사용**

52 **TMR 사용 농가와 생산업체**들은 원료비 절감을 위해 인근지역에서 주정박, 밀가루식품 부산물,
53 버섯배지부산물 등의 값싼 식품부산물들을 구입하여 사용하는 것이 증가하고 있다. 이전에는 거의
54 운반비만 지급하고 가져오던 원료들이 현재에는 원하는 공장과 농가들이 증가하면서 가격이 점점
55 상승하는 경향을 보이고 있다. 맥주박의 **경우** 5년 전 kg당 60원 이하에서 **거래되었으나, 현재는** 130
56 원(벌크기준) **내외로** 큰 폭으로 가격이 상승하였다. **현재 TMR 업체** 및 농가 간의 **원료 확보경쟁이**
57 **매우 치열한 상황이다.**

58 2017년 연암대학교 및 보령농업기술센터와 함께 실시한 보령지역 자가배합 TMR 농가를 대상으
59 로 실시한 TMR 연구사업의 결과를 보면(Fig. 1), 마블링 침착에 필요한 원료로 가장 많이 사용되는
60 탄수화물 공급원인 옥수수를 빵박, 국수, 떡볶이 등의 밀가루 식품 부산물로 대체 급여하였을 때,
61 일반 한우는 물론 일본 화우보다도 높은 등심내 50.4%의 높은 올레인산 함량을 보였다. 이와 같이
62 국내산 식품부산물의 적절한 사용은 원가절감은 물론 소고기의 품질고급화에도 도움을 줄 것으로
63 기대되어 보다 깊이 있는 연구가 요구된다.

64 그러나 식품부산물들은 식품기준에 미달한 제품으로, 사료원료로 사용하였을 때 종종 곰팡이독

65 소 등의 문제로 인해 비육우에서는 사료섭취량의 저하와 갑작스런 폐사 그리고 번식우에서는 유산
66 등의 문제를 야기하기도 한다 [3]. 이러한 부분의 방지책으로 곰팡이 독소 흡착제 등의 첨가제를 혼
67 합하는 방법과 입고된 식품부산물들을 발효시켜 보관하는 방법 등이 사용되고 있다 [4]. 이러한 복
68 합적인 원인들이 발효사료와 발효 TMR의 확산을 촉진시키는 계기가 되었다.

69

70 발효 TMR

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

78 또한, 안정적인 품질의 발효 TMR을 제조하기 위해서는 혐기상태의 보존과 적산온도(발효일자×
79 외부온도) 관리가 필요하다. 그래서 농장 혹은 공장들에서는 Fig. 2 및 Fig. 3와 같은 방법과 장비를
80 도입하여 발효 TMR을 제조하고 있다. TMR 공장과 대전 석청농장의 적정 혐기발효 후의 발효사료
81 와 발효 TMR의 균주를 분석한 결과 유산균 기준 균주가 g당 평균 $10^7 \sim 10^9$ 의 높은 수치를 보였다(Fig.
82 4 및 Fig. 5). 이러한 균주의 숫자로만 보면 시중에 판매되고 있는 생균제와 큰 차이가 없었고, TMR
83 사료의 품질증대에 많은 도움을 주고 있다 [11, 12]. 발효 TMR은 반추위내 미생물 균총에 변화를 주
84 며, 메탄 생성균의 활성 억제를 통해 일반사료 대비 메탄 배출량을 저감하는 효과가 있는 것으로 보
85 고되고 있다 [13-15].

86

87 화식 TMR

88 최근 한우 TMR 시장에 또 하나의 큰 변화는 TMR 전체 혹은 TMR 원료의 일부를 화식(삶음)을 하
89 여 이용하는 기술이다(Fig. 6). 화식의 주목적은 사료효율의 증가이다. **직접적인 실측 자료는 없으**
90 **나, 현장 경험에 비추어 볼 때 화식 TMR 급여는 일반 TMR 대비 사료 효율을 일정 수준 개선할 가능**
91 **성이 있는 것으로 보인다.** 또한 최근에는 일부 원료를 고온처리 한 후 TMR 배합하여 다시 발효과
92 정을 거치는 등 고효율의 발효 TMR을 제조하는 능가도 있다. 화식 TMR 급여시의 한 가지 주의할
93 점은 비타민제 등의 열에 약한 첨가제는 급여 직전 드레싱하여 급여해야 한다.

94

95 TMR 전산프로그램 활용

96 국립축산과학원에서는 2015년, 2019년 및 2022년에 한우의 TMR 배합비 작성을 위해 한우사양
97 표준 프로그램(TMR 배합비 프로그램)을 개발 배포하였다(Fig. 7). 또한 각 지역 농업기술센터와 함
98 께 본 프로그램의 사용방법에 관한 교육사업을 진행하여 현재 TMR을 자가배합하는 농가들은 대
99 부분 본 프로그램을 사용하여 배합비를 작성하고 있다.

100 농가에서 사용하는 원료와 원료가격을 입력하면 한우의 성별, 월령별 및 사육단계별 필요한 조
101 사료, TDN, 조단백질의 함량이 나오면서, 각 영양소 요구량을 충족시킨 최소비용의 배합비가 자동
102 계산이 가능하다.

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

109

110 시중 판매 TMR의 영양성분

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

116 일반적인 비육우의 영양생리로 판단하면, 비육기 때의 과도한 단백질 공급은 혈중 암모니아 농
117 도를 증가시켜 여러가지 영양대사 문제의 발생이 예상되지만 [17, 18], 실제 현장 농가들에서는 이
118 와 관련된 피해가 보고된 사례가 드물었다. 이는 TMR에 발효가 결합되어 생산된 발효 TMR는 반추
119 위 내의 영양소 불균형의 피해를 최소화시키면서 사료효율을 증가시켰기 때문이라고 추정된다 [7,
120 15]. 이러한 최근 필드에서 진행 중인 발효 TMR과 고단백질 영양설계 등의 기술들에 관해서, 자가
121 배합 TMR농가들의 안전하고 안정적인 품질의 TMR 생산을 위해서는 추가적인 검증과 연구가 필
122 요하다.

124 요약

125 한우산업에서 사료비 절감과 지육품질 향상을 위하여 TMR 의 보급이 증가하고 있다. 농가
126 자가배합 TMR 의 경우 일반 구입사료 급여 농가에 비해 두당 23%가량의 사료비가 절감효과를
127 보였다. 섬유질배합사료의 원료에서는 빵, 국수, 맥주박 등의 식품부산물의 사용이 증가하고 있다.
128 섬유질배합사료 제조과정에서의 특징으로는 발효기술이 도입되어 각 원료 및 제품의 보관과 소의
129 지육성적 향상에 많은 도움을 주고 있다. 또한 화식기술도 도입되어 소화율 증대에 효과를 보고
130 있다. 섬유질배합사료의 정확한 영양설계를 위하여 국립축산과학원에서 제공하는
131 한우 TMR 전산프로그램이 널리 사용되고 있다. 영양설계 부분에서는 한우의 비육기간 단축을
132 위하여 영양성분 특히 단백질 함량이 증가하는 경향이 있다. 향후 다양한 농가 현장에서의 실증
133 데이터를 바탕으로 발효 TMR 의 정밀 영양 가치를 검증하는 추가적인 연구가 지속되어야 할 것이다.

135 **References**

- 136 1. Park, BH. 2023 Animal Products Grading Statistical Yearbook. 18th ed. Korea Institute
137 for Animal Products Quality Evaluation; 2024.
- 138 2. Lee S, Lee SM, Lee J, Kim EJ. Feeding strategies with total mixed ration and concentrate
139 may improve feed intake and carcass quality of Hanwoo steers. *J Anim Sci Technol.*
140 2021;63:1086-97. <http://doi.org/10.5187/jast.2021.e88>
- 141 3. Gallo A, Giuberti G, Frisvad JC, Bertuzzi T, Nielsen KF. Review on mycotoxin issues in
142 ruminants: occurrence in forages, effects of mycotoxin ingestion on health status and animal
143 performance and practical strategies to counteract their negative effects. *Toxins.* 2015;7:3057-
144 111. <http://doi.org/10.3390/toxins7083057>
- 145 4. Diaz DE, Hagler Jr WM, Blackwelder JT, Eve JA, Hopkins BA, Anderson KL, et al.
146 Aflatoxin binders II: Reduction of aflatoxin M1 in milk by sequestering agents of cows
147 consuming aflatoxin in feed. *Mycopathologia.* 2004;157:233-41.
148 <http://doi.org/10.1023/B:MYCO.0000020587.93872.59>
- 149 5. Kim SH, Ramos SC, Jeong CD, Mamuad LL, Park KK, Cho YI, et al. Growth
150 performance and blood profiles of Hanwoo steers at fattening stage fed Korean rice wine residue.
151 *J Anim Sci Technol.* 2020;62:812-23. <http://doi.org/10.5187/jast.2020.62.6.812>
- 152 6. Kim TI, Mayakrishnan V, Lim DH, Yeon JH, Baek KS. Effect of fermented total mixed
153 rations on the growth performance, carcass and meat quality characteristics of Hanwoo steers.
154 *Anim Sci J.* 2018;89:606-15. <http://doi.org/10.1111/asj.12958>
- 155 7. Nishimura K, Terada F. Effects of fermented total mixed ration on feed intake,
156 digestibility, rumen fermentation, and milk production in dairy cows in a hot environment. *Anim*
157 *Sci J.* 2025;96:e70116. <http://doi.org/10.1111/asj.70116>
- 158 8. Gao R, Luo Y, Xu S, Wang M, Sun Z, Wang L, et al. Effects of replacing ensiled-alfalfa
159 with fresh-alfalfa on dynamic fermentation characteristics, chemical compositions, and protein

- 160 fractions in fermented total mixed ration with different additives. *Animals*. 2021;11:572.
161 <http://doi.org/10.3390/ani11020572>
- 162 9. Kim SH, Alam MJ, Gu MJ, Park KW, Jeon CO, Ha JK, et al. Effect of total mixed ration
163 with fermented feed on ruminal in vitro fermentation, growth performance and blood
164 characteristics of Hanwoo steers. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2012;25:213-23.
165 <http://doi.org/10.5713/ajas.2011.11186>
- 166 10. Choi, YL. Easy fermented feed manufacturing technology. National Institute of Animal
167 Science; 2017.
- 168 11. Kim JY, Lee JH, Baeg CH, Choi BG, Dyasti Wardani AR, Park JJ, et al. Effects of
169 *Lactiplantibacillus plantarum* LM1001 culture on fermentation characteristics and greenhouse
170 gas emissions in the rumen. *Anim Ind Technol*. 2025;12:143-52.
171 <http://doi.org/10.5187/ait.2500013>
- 172 12. Kim M. Investigation of rumen microbiota using 16S rRNA-based metagenomic analysis
173 in Hanwoo cattle. *Anim Ind Technol*. 2024;1:25-9. <http://doi.org/10.5187/ait.2024.11.1.25>
- 174 13. Cao Y, Takahashi T, Horiguchi K, Yoshida N, Cai Y. Methane emissions from sheep fed
175 fermented or non-fermented total mixed ration containing whole-crop rice and rice bran. *Anim*
176 *Feed Sci Technol*. 2010;157:72-8. <http://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.02.004>
- 177 14. Li Y, Lv J, Wang J, Zhou S, Zhang G, Wei B, et al. Changes in carbohydrate composition
178 in fermented total mixed ration and its effects on in vitro methane production and microbiome.
179 *Front Microbiol*. 2021;12:738334. <http://doi.org/10.3389/fmicb.2021.738334>
- 180 15. Song J, Ma Y, Zhang H, Wang L, Zhang Y, Zhang G. Fermented total mixed ration alters
181 rumen fermentation parameters and microbiota in dairy cows. *Animals*. 2023;13:1062.
182 <http://doi.org/10.3390/ani13061062>

- 183 16. Kang DH, Chung KY, Park BH, Kim UH, Jang SS, Smith ZK, et al. Effects of feeding
184 high-energy diet on growth performance, blood parameters, and carcass traits in Hanwoo steers.
185 Anim Biosci. 2022;35:1545-55. <http://doi.org/10.5713/ab.22.0014>
- 186 17. Jeon S, Lee M, Seo J, Kim JH, Kam DK, Seo S. High-level dietary crude protein
187 decreased backfat thickness and increased carcass yield score in finishing Hanwoo beef cattle
188 (*Bos taurus coreanae*). J Anim Sci Technol. 2021;63:1064-75.
189 <http://doi.org/10.5187/jast.2021.e96>
- 190 18. Lee YH, Ahmadi F, Lee MJ, Oh YK, Kwak WS. Effect of crude protein content and
191 undegraded intake protein level on productivity, blood metabolites, carcass characteristics, and
192 production economics of Hanwoo steers. Asian-Australas J Anim Sci. 2020;33:1599-609.
193 <http://doi.org/10.5713/ajas.19.0822>

194

195

Accepted

196 **Table 1. Changes in carcass characteristics and auction price for Hanwoo steers¹⁾**

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

197 ¹⁾Data were adapted from Park [1]

198 **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	

199 DM, dry matter.

200

201 **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	
	7	205	0.85	25.0	5.0			
Growing stage (7-12 month)	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			
	13	363	0.89	27.0	15.0			
Early fattening stage (13-22 month)	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		
	23	651	0.85	27.0		13.0		2.0
Late fattening period (23-30 month)	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

202 FTMR, fermented total mixed ration; TMR, total mixed ration.

203 ¹⁾Total TMR intake is 9.8 tons, and total TMR production cost is 3.44 million KRW per head.

205 **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

206 ¹⁾Data were as of May 2023 sourced from Livestock Cooperative A in Chungcheong-do, South
 207 Korea.

208

209

Accepted

210 **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 servisiae</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

211

212

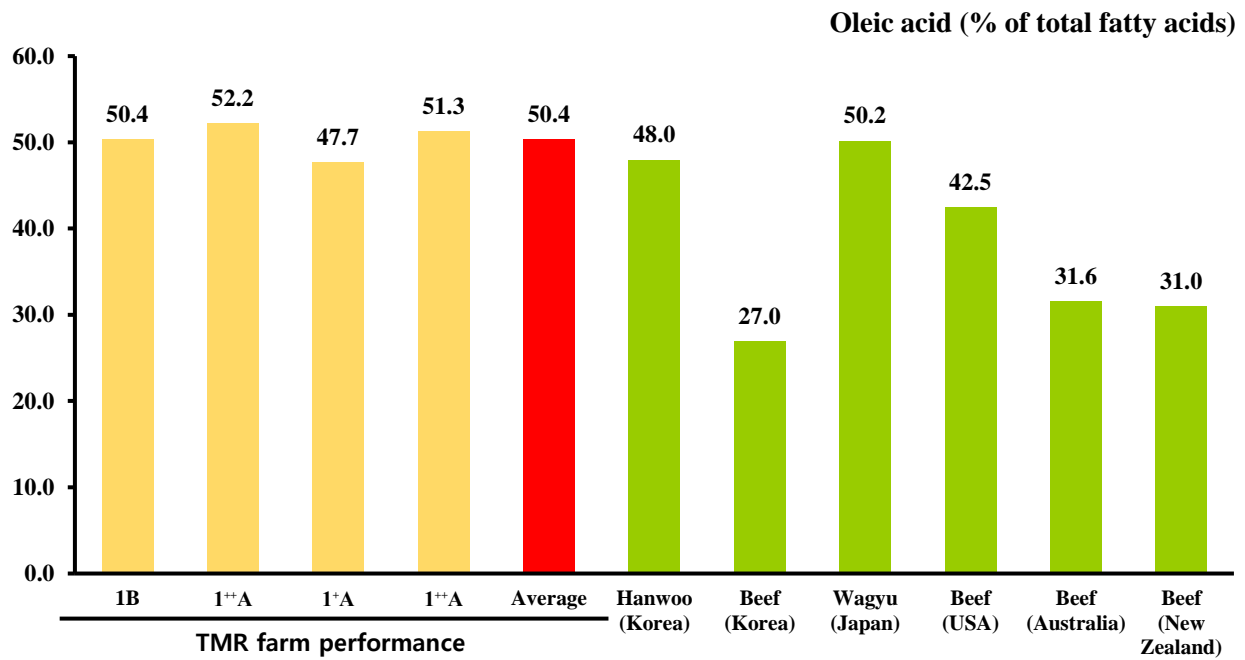
Accepted

213 **Table 6. Chemical composition of total mixed ration (TMR) products from a commercial**
 214 **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

215

216



217
218
219
220
221
222

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.

Accepted



Outdoor fermentation

Indoor warehouse fermentation during winter

223
224
225

Fig. 2. Fermented feed for total mixed ration.

Accepted



TMR wrapping process

Wrapped TMR fermentation

226
227
228

Fig. 3. Total mixed ration (TMR) wrapping equipment.

Accepted

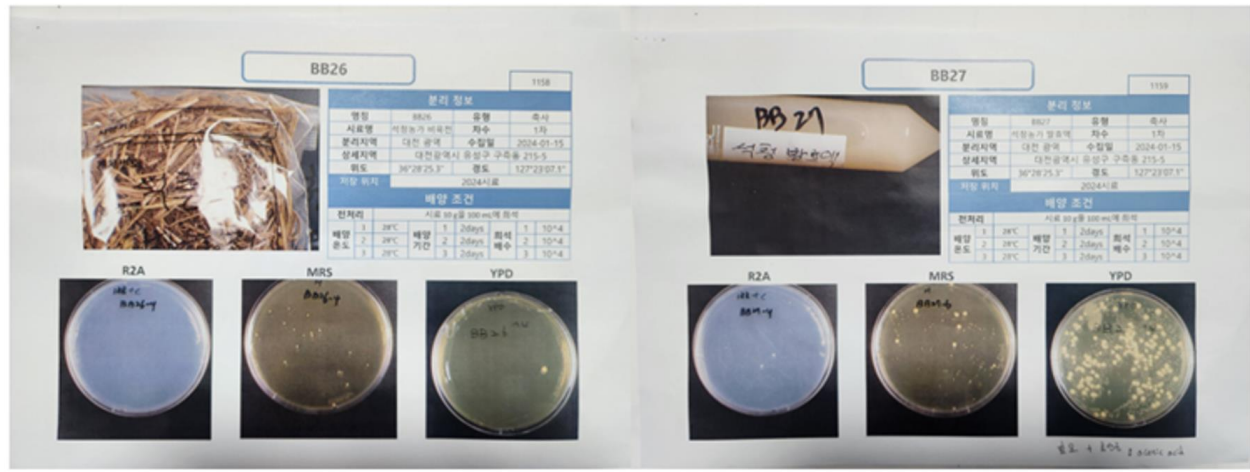
접수번호			
검정번호			
제조 수입업자	회사명	분석기관: 한국단미사료협회	
	성명	사료연구소	
주소			
제품명	발효베이스		
사료명칭	기초배합사료(배합사료원료)		
사료상태	계형		
제조 또는 수입 년월일	2019년 09월 20일		
의뢰 성분	단위	검정 결과	검
바실러스 서브틸리스	cfu/g	1.0X10 ⁶	사료1
이스트(효모)	cfu/g	2.8X10 ⁶	
유산균(락토바실러스속)	cfu/g	2.0X10 ⁹	사료1

- 고초균 : 1.0 X 10⁴ cfu/g
- 효모 : 2.8 X 10⁶ cfu/g
- 유산균 : 2.0 X 10⁹ cfu/g

229
230
231
232

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

Accepted



Item	R2A (Total viable bacteria)	MRS (Lactic acid bacteria)	YPD (Yeast and acetic acid bacteria)
BB26 Early fattening FTMR	$<1.0 \times 10^6$ cfu/g	1.8×10^7 cfu/g	1.0×10^6 cfu/g
BB27 Wild cliff honey fermented liquid	2.0×10^6 cfu/g	9.1×10^7 cfu/g	5.0×10^8 cfu/g

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.

233
234
235
236

Accepted



237
238
239
240

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

Accepted

농촌진흥청
국립축산과학원

한우사양표준 2022
농가배합비 작성프로그램

최근 사용 자료파일
C:\W\한우사양표준2022\data\한우사양표준_간편타

항목	단위	요구량	최소	최대	현재	비율	비율	비율	비율	비율	비율
수분함량(%)		35.00	100	125	40.18	40.18%					
황황산(%)		10.92	100	118	10.36						
건물산(%)		7.10	100	100	6.70	94.37%					
조단백(%)		45.00	100	130	67.20	149.33%					
조지방(%)		5.09	100	103	3.26	64.05%					
조단백(%)		1,191.00	100	150	496.89	41.68%					
황황(%)		43.00	100	150	35.99	83.69%					
단백(%)		22.00	100	200	20.00	90.91%					

241
242
243

Fig. 7. National Institute of Animal Science software (2022 version).

Accepted

축군정보						
품종	연령	체중 (kg)	일당중량 (kg/일)	수분함량(%)		배합기용량 (kg)
				하한	상한	
거세우 육성 및 비육	25	640	0.6	37	40	2000

영양소정보								
항목	요양소 요구량	요구량 제한(%요구량)		영양소 실용량	편차	영양소 함량(%)	상태	잠재가 (원/단위)
		최소	최대					
수분함량(%)	37.00	100	108	33.12	-3.88	33.12 %		
원물섭취량(kg)	13.97	100	105	13.97			한우의 체중 및 목표 일당중량	
건물섭취량(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	

244
245
246
247

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

Accepted