

TMR 제조 시 수분 함량 및 발효제 (*Lactobacillus plantarum*) 첨가유무가 사료가치에 미치는 영향

기광석 · 김현섭 · 이현준 · 이왕식 · 백광수 · 김상범 · 임근발 · 여준모* · 김용국**

Effects of Increasing Moisture Content with or without Supplementing Inoculant (*Lactobacillus plantarum*) in TMR on Its Feed Value

Kwang Seok Ki, Hyeon Shup Kim, Hyun June Lee, Wang Shik Lee, Kwang Soo Baek,
Sang Bum Kim, Keun Bal Lim, Joon Mo Jeo* and Yong Kook Kim**

ABSTRACT

This study was carried out to investigate effects of increasing moisture content with or without supplementing inoculant (*Lactobacillus plantarum*) in TMR (total mixed ration) on its feed value. In case of exposing TMR to air, the lower the moisture level of TMR was, the less its apparent condition was changed. The time of spreading of molds tended to be faster in TMR with the higher moisture level. And also the odor was influenced by moisture content and inoculant supplement that is, sour odor was smelled from 24 hour after exposing TMR containing 35% and 50% moisture to air, but TMR supplemented with inoculant had sweet odor. The inner temperature of TMR containing 35% and 50% moisture without inoculant tended to increase continually after the lapse of 6 hours when the TMR was exposed to air. The inner temperature of TMR containing 35% moisture with inoculant tended to increase dramatically after the lapse of 48 hours when exposed to air, but that of TMR containing 50% moisture with inoculant tended to increase after 6 hours. The pH of TMR containing 15% was consistent regardless of exposing time to air, but that of TMR containing 35% and 50% moisture considerably increased after 12 and 24 hours, respectively. The concentration of NH₃-N of TMR supplemented with inoculant was increased from 6 hours after exposure to air, while that of TMR without inoculant increased from 12 hours. Nutrient content of TMR tended to be increased with the increase of exposing time to air and storage time under sealed condition.

(Key words : TMR, Moisture content, Fermentation, Feed value)

I. 서 론

TMR(total mixed ration)이 완전혼합사료로 번역되어 활용되었으나 사료관리법에 있는 배합사료와 개념의 정의가 혼란스럽다는 이유로

섬유질 사료 또는 발효사료로 사용되어 오다가 최근에 개정된 사료관리법에는 반추가축용 섬유질배합사료로 명칭을 바꾸어 사용하고 있다 (농림부, 2001). 젖소에 대한 TMR 사양은 유량 증가, 유지율 향상 및 효율적 사료이용 등의

농촌진흥청 축산과학원(National Institute of Animal Science, RDA)

* 국립한국농업대학(Korea National Agricultural Collage)

** 충남대학교(Chungnam National University)

Corresponding author : Kwang Seok Ki, National Institute of Animal Science, R.D.A, Cheonan 330-801, Korea.

Tel : +82-41-580-3396, Fax : +82-41-580-3419, E-mail : kiks386@rda.go.kr

장점이 있어(Hoffman과 Howard, 1989) 세계적으로 널리 이용되는 사료급여 방법의 하나이다. 2005년 말 기준으로 서울우유조합 목장 중 TMR을 급여하는 목장의 비율은 83.7%로 전년보다 1.8% 증가하였다고 하였다(서울우유, 2006). 이는 최근 농가들의 호당 사육규모가 증가하여 전업농화 되고 있어 자기실정에 맞는 TMR을 이용하고 사료비를 줄이려는 노력의 일환이라 생각된다. 그러나 아직까지 TMR을 자가 제조하여 이용하는 농가에서는 자가 TMR 제조에 대한 충분한 지식이 없어 많은 문제점을 가지고 있는 실정이다. 그 중 하나가 조사료와 농후사료의 분리방지를 목적으로 TMR에 물을 첨가하여 사용하고 있으며 특히 여름철에는 사조에 급여 후에도 수분이 빠르게 증발되어 추가로 물을 뿌려주고 있는 실정인데 이 경우에는 수분함량이 높아 쉽게 변질되는 경향이 있다. TMR 제조 후 시간경과에 따른 TMR의 품질 변화에 관한 국내의 선행연구로는 한 등(1993)과 하 등(1999)의 연구결과가 보고되었을 뿐이다. 외국의 경우에는 사일리지의 공급이 충분하기 때문에 TMR 제조 시 사료의 분리방지를 목적으로 물을 첨가하는 경우가 적으며, 단지 TMR의 수분 함량이 착유우의 사료 섭취량 및 산유량에 미치는 영향에 관한 연구 결과들이 보고가 되었을 뿐이다(Robinson 등, 1990; Kellems 등, 1991). 옥수수사일레지 등 수분함량이 높은 원료를 주원료로 하는 미국 등의 TMR과는 달리 국내 자가 TMR 제조농가에서 수입건초를 이용하여 TMR을 제조하므로 별도의 충분한 수분 조절제(옥수수사일레지, 맥주박, 사과박 등)를 사용하지 않을 경우 수분함량이 20% 내외의 건(乾)TMR이 된다. 따라서 농가에서는 적정 수분 함량을 맞추기 위해 물을 첨가하여 사용하고 있으나 여름철의 경우 수분함량이 높아 제조 후 경과시간에 따라 쉽게 변질되는 경향이 있고, 또한 물을 첨가할 경우 균일한 수분함량을 유지하기 어렵고, 사조에 급여 후에도 쉽게 수분이 증발되어 추가

로 물을 뿌려주고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 TMR의 수분 함량 증가가 경과시간별 사료가치 변화를 조사하기 위하여 수행 하였으며 또한 TMR 제조 시 발효제(*Lactobacillus plantarum*)의 첨가가 TMR의 품질변화에 미치는 영향도 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시사료

공시사료는 NRC(2001)를 참고하여 착유우 산유량 27kg, 유지율 3.7%, 체중 650kg을 기준으로 배합비(Table 1)를 작성하여 TMR을 제조 하였으며, 수분 15%, 35%, 50%에 발효제를 첨

Table 1. Ingredients composition of experimental TMRs (as-fed basis)

Ingredients	Moisture (%)		
	15	35	50
Flaked corn	30.4	30.4	30.4
Wheat bran	5.5	5.5	5.5
Soybean meal	6.0	6.0	6.0
Whole cottonseed	8.5	8.5	8.5
Beet pulp	8.5	8.5	8.5
Timothy hay	8.0	8.0	8.0
Alfalfa hay	9.0	9.0	9.0
Corn gluten feed	7.0	7.0	7.0
Tall fescue straw	6.0	6.0	6.0
Brewers grains, Wet	6.0	6.0	6.0
Molasses	4.0	4.0	4.0
Salt	0.3	0.3	0.3
NaHCO ₃	0.4	0.4	0.4
Other additives	0.4	0.4	0.4
Added water (kg/ton)	-	(30.8)	(70.0)
Total ¹⁾ (A, %)	100.0	100.0	100.0
Added inoculant (B, g/ton)	(2.0)	(2.0)	(2.0)
Total ²⁾ (C=A+B, %)	100.0	100.0	100.0

¹⁾ Without inoculant.

²⁾ With inoculant = Added 2g/ton.

가한 것과 첨가하지 않은 처리구를 두었다. 수분함량은 수분 15% TMR을 기본으로 물을 첨가하여 조정하였다. 공시사료의 영양소 함량은 Table 2와 같다.

2. 시험기간 및 장소

시험기간은 2002년 8월 14일부터 9월 14일까지 충남 천안시 성환읍에 소재하는 축산과학원 축산자원개발부 낙농과 유우사에서 실시하였다.

3. 시험설계

공시한 TMR 시료를 자연노출과 밀봉저장, 발효제 첨가유무와 수분 함량(15, 35, 50%) 수준을 두어 각 저장기간에 따라 요인시험법 (2×2×3)으로 수행하였다. 본 시험에 사용된 발효제의 주요 성분은 축산과학원 조사료자원과에서 개발한 *Lactobacillus plantarum*(1.5×10¹⁰) 위주의 첨가제를 1톤당 2g씩 첨가하였다. TMR 시료제조는 충남 천안시에 소재한 TMR 배합소에서 처리구별 1톤씩을 제조하여 20kg 비닐 포장에 넣어 운반한 후 자연노출 혹은 밀봉하

여 보관하였다. 시료의 저장은 평균 외기 온도가 26.1 °C, 비가림이 된 야외에서 하였다. 자연노출 처리구는 혼합 후 0, 6, 12, 24, 48, 72 시간이 경과함에 따라 조사하였고, 밀봉 처리구는 0, 2, 6, 10, 14, 18일에 조사하였다. 해당 시기별로 시료를 채취하여 달관조사(냄새, 외관적 상태), 내부온도, pH, 암모니아 농도, 건물 및 일반성분 함량을 조사하였다.

4. 조사항목 및 방법

(1) 일반성분, ADF 및 NDF

각 처리별 시료를 채취한 후 55°C의 건조기에서 48시간 동안 건조시켜 건물 함량을 측정하였으며, 조단백, 조지방, 조섬유 등 일반성분은 AOAC법(1990)에 준하여, ADF 및 NDF는 Van Soest(1982) 방법으로 분석하였다.

(2) 달관조사(냄새, 색깔, 외관적 상태)

시험사료의 경과시간별로 냄새와 사료상태에 대한 달관조사를 실시하였다. 총 5개 상태로 아주양호(++++), 양호(+++), 보통(++), 약간 나쁨(+), 아주 나쁨(+)로 구분하였다.

Table 2. Nutrients content of experimental TMRs (as fed basis)

Item	Treatment					
	NY-M15 ¹⁾	NY-M35 ²⁾	NY-M50 ³⁾	AY-M15 ⁴⁾	AY-M35 ⁶⁾	AY-M50 ⁷⁾
 % of DM					
Dry Matter (%)	80.8	60.4	46.1	79.5	61.0	47.0
Crude Protein	11.8	10.1	7.9	12.5	9.7	7.8
Ether Extract	4.0	2.6	2.2	3.6	2.9	2.1
Crude Fiber	13.8	9.7	6.6	12.2	8.8	6.8
Crude Ash	5.3	3.9	3.0	5.0	3.7	3.0
NDF ⁸⁾	31.9	24.5	16.2	28.5	22.1	16.5
ADF ⁹⁾	20.1	14.0	9.7	17.8	12.8	10.3
Gross Energy (cal/g)	3,585	2,775	2,099	3,639	2,757	2,109

^{1), 2), 3)} NY-M15,35,50 : TMR containing 15, 35 and 50% moisture, respectively.

^{4), 5), 6)} AY-M15,35,50 : TMR containing 15, 35 and 50% moisture supplemented with inoculant, respectively.

⁸⁾ NDF : neutral detergent fiber, ⁹⁾ ADF : acid detergent fiber.

(3) 온도 및 pH

시험사료의 자연노출 및 밀봉 처리구의 온도 변화를 측정하였다. 자연노출 처리는 디지털 온도계(DeltaTRAK, USA)를 이용하여 혼합 후 0, 6, 12, 24, 48, 72시간에 측정하였으며, 밀봉 처리는 온도자동기록장치(Flash Link Electronic Data Logger, Model 20202, DeltaTRAK, USA)를 이용하여 30분 간격으로 온도를 자동 측정하였다. 시험사료의 경과시간별 pH는 샘플 10g을 채취하여 삼각프라스크에 샘플을 넣고 증류수 100g 첨가한 다음 30분간 셰이킹하였고, 그 후 여과지로 걸러 pH 측정기(HI 8424 Microcomputer PH meter, HANNA Instruments)로 측정하였다.

(4) 암모니아(NH₃-N)

시험사료의 샘플 10g을 채취하여 삼각프라스크에 샘플을 넣고 증류수 100g 첨가한 후 윗부분을 호일로 막은 다음 냉장고 냉장실에 넣고 (4±1℃) 규칙적(매 2시간마다)으로 24시간 셰이킹 하였다. 이것을 여과지를 이용하여 거른 후 40ml 정도를 튜브에 분주 후 냉동 보관하였다. 냉동 보관한 시료를 냉장실(4±1℃)에서 녹여 각각 12ml를 취한 후 15ml centrifuge tube에 넣고 원심분리기(Union 32R, Hanil)를 이용하여 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 후 상층액을 0.02ml씩 취한 후 penol color reagent 시약과 alkali-hypochlorite reagent 시약을 각각 1ml씩 넣고 잘 혼합하였다. 혼합된 시료를 항온수조에서 배양시켜 발색시킨(25℃/30분, 37℃/15분, 50℃/7분) 다음 증류수 8ml로 희석하여 spectrophotometer (UV-1201, SHIMADZU)를 이용하여 분석하였다. 발색된 시료는 파란색을 띠고 발색이 진한 경우에는 증류수 16ml로 희석하였다. Spectrophotometer의 파장은 630nm로 한 후 표준 5mg NH₃-N 용액(standard)과 시료의 OD (Opical density)를 측정하였다. 측정된 OD로 각각의 시료의 NH₃-N는 다음의 공식을 적용하였다.

$$\text{NH}_3\text{-N(mg/100ml)} = \frac{\text{시료의 OD}}{\text{standard OD}} \times \text{standard 농도}$$

5. 통계분석

본 시험의 모든 성적은 SAS package(SAS, 1997)를 이용하여 통계분석 하였으며, 각 처리 평균간 차이에 대하여 Duncan 다중검정법(Duncan, 1955)을 이용하여 유의성 검정을 하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 냄새 및 사료상태

(1) 자연노출 시 경과시간별 냄새 및 사료상태 변화

Table 3에서 보는 바와 같이 자연노출 상태로 저장한 TMR의 상태는 6시간까지는 거의 변화가 없었으나, 물만 첨가하여 수분 함량을 50%로 맞춘 TMR(NY-M50)은 12시간째 외관, 냄새, 색깔에서 다른 사료보다 부패가 빨리 진행되는 모습을 보였다. 자연노출 상태로 72시간이 경과하면 외관상태는 수분 함량별, 발효제 첨가유무별로 상태가 다르게 진행되는 것으로 나타났다. 즉, 수분 함량이 적을수록 외관상태가 양호하였으며 수분 함량이 높을수록 곰팡이가 생기는 시기가 빨라짐을 알 수 있었다. 시료의 냄새도 수분 함량별, 발효제 첨가유무별로 달랐는데 물만 첨가하여 수분 함량을 35%와 50%로 맞춘 시료는 자연노출 24시간째에 시큼한 냄새가 나기 시작하였으나 같은 수분함량의 시료에 발효제를 첨가한 시료에서는 발효에 의한 냄새로 시큼한 냄새가 나지 않았고 오히려 발효에 의한 향긋한 냄새가 났다. 색깔변화도 자연노출 12시간째에 물만 첨가한 수분 50% 시료는 다른 시료보다 갈색으로 색깔변화가 심하게 빨리 진행되었고 72시간째에는 거의 갈색으로 변색이 되었음을 알 수 있었다. 즉 발효제를 첨가하지 않은 상태에서는 수분 함량이 높을수록 변색이 빨리 진행됨을 알 수 있었다. TMR 사료의 갈변화 반응에 대한 연구결과는 보고된 바 없지만 일반적으로 사일

Table 3. Effects of moisture level and storage periods on the quality of TMRs exposed to air

Treatment	Item	Storage period under open condition (time)					
		0	6	12	24	48	72
NY-M15	Appearance ¹⁾	+++++	+++++	++++	++++	++++	+++
	Odor ²⁾	+++++	+++++	++++	++++	++++	+++
	Color ³⁾	+++++	+++++	++++	++++	++++	+++
NY-M35	Appearance	+++++	+++++	++++	+++	+++	++
	Odor	+++++	+++++	++++	+++	++	++
	Color	+++++	+++++	++++	+++	++	++
NY-M50	Appearance	+++++	+++++	+++	++	++	+
	Odor	+++++	+++++	+++	++	++	+
	Color	+++++	+++++	+++	++	++	+
AY-M15	Appearance	+++++	+++++	++++	++++	++++	+++
	Odor	+++++	+++++	++++	++++	++++	+++
	Color	+++++	+++++	++++	++++	++++	+++
AY-M35	Appearance	+++++	+++++	++++	+++	+++	+++
	Odor	+++++	+++++	++++	+++	+++	+++
	Color	+++++	+++++	++++	+++	+++	+++
AY-M50	Appearance	+++++	+++++	++++	++++	+++	++
	Odor	+++++	+++++	++++	++++	+++	++
	Color	+++++	+++++	++++	++++	+++	++

¹⁾ Appearance : very good, +++++; good, ++++; mean, +++; slightly moldy, ++; heavily moldy and worm, +.

²⁾ Odor : very good, +++++; good, ++++; mean, +++; slightly sourish ++; heavily sourish, +.

³⁾ Color : very good, +++++; good, ++++; mean, +++; slightly discolored ++; heavily discolored : +.

리지의 경우 발효에 의하여 온도가 40~45°C로 증가할 경우 갈변화 반응이 나타나며, 이는 이용 가능한 영양소의 감소를 유발하는 것으로 널리 알려져 있다(Harrison과 Blauwikel, 1994).

일반적으로 자가 TMR 형태의 경우 여름철을 제외하고는 노동력의 감소를 위해서 TMR을 하루 1회 배합하지만 여름철에는 사료의 부패로 인한 젖소의 사료섭취량 감소를 예방하기 위하여 하루 2회 배합하고 있다. 본 실험에서는 자가 TMR과 비슷한 환경조건을 조성하기 위하여 자연노출 상태의 TMR 처리구를 두었으며, 그 결과 가장 먼저 외관상태가 변화되는 TMR은 수분이 50%이상, 발효제가 첨가되지 않은 TMR이었고, 그 외 처리구들은 24시간째 변화가 관찰되었다. 이러한 외관상태의 변화는 환경온도가 높아질수록 더 빨리 진행될 것으로 사료되며, 또한 TMR의 원료 성분에도 의해서도 더욱 빨리 진행될 것으로 사료된다. 특히 수분 함량이 높은 조사료 공급원인 사일리지는 공기

에 노출되었을 때 곰팡이의 번식이 빠르게 진행되기 때문에(Christopher, 1993) 여름철 TMR 제조 시 사일리지의 첨가는 부패의 진행속도를 더 빨리 진행시킬 것으로 사료된다.

(2) 밀봉보관 시 경과시간별 냄새 및 사료상태 변화

Table 4에서 보는 바와 같이 밀봉보관 시 사료의 외관, 냄새, 색깔은 자연노출과 같이 물만으로 수분함량 35 및 50%로 높인 시료에서 저장 2일째에 시큼한 냄새가 많이 나는 것을 알 수 있다. 그러나 발효제를 첨가한 시료에서는 수분 함량에 관계없이 저장 14일까지 비교적 양호한 상태로 보관되고 있음을 알 수 있었다.

국내에서 유통되는 TMR은 건TMR과 습TMR이 있으며, TMR 제조업체 수의 증가 및 연간 TMR 생산능력의 증가 자료(김, 2002)가 제시 하듯이 많은 낙농가들이 유통 TMR을 이용하고 있다. 외관 상태를 기준으로 보면 수분함량

Table 4. Effects of moisture level and storage periods on the quality of TMRs under sealed condition

Treatment	Item	Storage period under closed condition(day)					
		0	2	6	10	14	18
NY-M15	Appearance ¹⁾	+++++	+++++	++++	++++	+++	++
	Odor ²⁾	+++++	+++++	++++	++++	+++	++
	Color ³⁾	+++++	+++++	++++	++++	+++	++
NY-M35	Appearance	+++++	++++	+++	++	++	++
	Odor	+++++	++	++	++	++	++
	Color	+++++	++++	+++	++	++	++
NY-M50	Appearance	+++++	+++	+++	++	++	++
	Odor	+++++	++	++	++	++	++
	Color	+++++	+++++	+++	++	++	++
AY-M15	Appearance	+++++	+++++	++++	+++	+++	+++
	Odor	+++++	+++++	++++	+++	+++	+++
	Color	+++++	+++++	++++	+++	+++	+++
AY-M35	Appearance	+++++	+++++	++++	+++	+++	++
	Odor	+++++	+++++	++++	+++	+++	++
	Color	+++++	+++++	++++	+++	+++	++
AY-M50	Appearance	+++++	+++++	++++	+++	+++	++
	Odor	+++++	+++++	++++	+++	+++	++
	Color	+++++	+++++	++++	+++	+++	++

¹⁾ Appearance : very good, +++++; good, +++++; mean, +++; slightly moldy, ++; heavily moldy and worm, +.

²⁾ Odor : very good, +++++; good, +++++; mean, +++; slightly sourish ++; heavily sourish, +.

³⁾ Color : very good, +++++; good, +++++; mean, +++; slightly discolored, ++; heavily discolored, +.

이 35% 이상이 될 경우 발효제가 첨가되지 않은 TMR의 경우 제조 후 2일째부터 품질 변화가 나타나기 때문에 낙농가들은 습TMR을 이 용할 경우 구입 후 되도록 빨리 사용하는 것이 바람직하다고 사료된다. 그러나 앞서 언급했듯이 TMR의 보관환경 및 원료성분 등에 따라 품질변화에 미치는 영향이 다를 수 있기 때문에 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

2. 온도변화

(1) 자연노출 시 온도변화

Table 5에서 보는 바와 같이 발효제 첨가유 무에 상관없이 수분 함량에 따라 내부온도 변화가 차이가 있음을 알 수 있다. 발효제를 첨가하지 않은 시료에서는 자연노출 후 경과시간에 따라 12시간까지는 내부온도가 상승하는 경향을 보이다가 12시간 이후에는 감소하는 경향

을 나타내었다. 그러나 발효제를 첨가한 시료 중에서 수분 함량 50% 시료에서는 24시간까지 발효가 일어나 지속적으로 온도가 상승하는 경향을 나타낸 반면, 수분 35% 시료에서는 자연노출 48시간부터 온도가 급격히 상승하였다. 같은 수분함량 35%인 시료에서 발효제를 첨가하지 않은 시료의 내부온도는 자연노출 후 12시간에 최대가 되었으나 발효제를 첨가한 시료의 내부온도는 자연노출 후 48시간이 지나면서 최대가 되어 발효제 첨가 유무에 따라 시료 내부의 발효온도가 차이가 나타난 것으로 생각된다. 이는 발효제를 첨가한 시료에서 수분함량이 높을수록 발효가 빨리 진행되고 있음을 보여주고 있다.

(2) 밀봉보관 시 내부 온도변화

Table 6에서 보는 바와 같이 밀봉보관 시 수분 함량과 발효제 첨가유무에 따른 경과시간별

Table 5. Effects of moisture level and storage periods on the internal temperature of TMRs exposed to air

Treatment	Storage periods(hours)					
	0	6	12	24	48	72
 °C					
NY-M15	27.1	25.3	28.5	25.8	25.0	26.9
NY-M35	28.4	33.0	44.3	39.3	36.6	36.5
NY-M50	26.1	35.1	46.3	45.1	42.6	48.7
AY-M15	27.8	25.6	24.4	25.0	24.8	26.1
AY-M35	27.6	27.1	25.3	24.3	40.7	40.7
AY-M50	26.5	32.3	42.3	45.9	43.2	47.5
Temperature (°C)	24.5	28.0	24.4	29.3	25.5	28.6
Humidity (%)	88.0	76.0	76.0	69.0	82.0	80.0

Table 6. Effects of moisture level and storage periods on the internal temperature of TMRs under sealed condition

Treatment	Storage periods(days)					
	0	2	6	10	14	18
 °C					
NY-M15	25.3	25.0	29.2	30.2	29.8	25.0
NY-M35	28.9	27.4	27.5	27.4	27.3	23.1
NY-M50	26.2	29.5	30.0	29.9	29.5	25.6
AY-M15	28.8	25.7	26.4	26.4	26.2	22.9
AY-M35	26.5	26.9	26.6	26.6	26.1	22.2
AY-M50	26.8	28.2	27.3	27.1	26.9	23.4

시료의 내부 온도는 자연노출 시 보다 전체적으로 내부온도가 높지 않음을 보여주고 있다. 또한 밀봉보관 시 수분함량별, 발효제 첨가유무별 경과시간에 따라 온도의 변화가 거의 없었던 것으로 나타났다. 이는 자연노출 시 보다 밀봉보관 시 온도변화가 적었다는 선행 연구의 보고 결과와도 일치하는 경향이었다(한 등, 1993; 하 등, 1999).

3. pH 변화

(1) 자연노출 시 경과시간별 pH 변화

Table 7에서 보는 바와 같이 자연노출 시 pH 변화는 발효제를 첨가하지 않은 시료의 경우 수분함량 15%에서는 경과시간에 따라 pH 변화 폭이 적었다. 그러나 수분 함량 50%에서는 12

시간 경과시부터 증가하는 경향을 나타내었다. 발효제를 첨가한 시료를 자연노출 시 수분 함량에 따른 경과시간별 pH 변화를 보면, 수분 15%에서는 경과시간에 따른 변화가 적었으나 수분 35%와 50% 시료는 각각 12시간째와 24시간째부터 pH가 급격하게 증가하였다. 24시간대를 제외하고는 자연노출 시 경과시간별로 첨가와 무첨가의 수분함량에 따른 pH는 유의성 있게 나타났(p<0.05).

0시간에서도 처리구들 사이에서 pH가 다르게 나타났는데 이는 TMR 공장에서 시료가 제조된 후 연구소로 운반되는 시간까지 약 30-40분의 시간이 소요되었기 때문인 것으로 사료된다.

(2) 밀봉보관 시 경과시간별 pH 변화

Table 8에서 보는 바와 같이 밀봉보관한 경

Table 7. Effects of moisture level and storage periods on pH of TMRs exposed to air ^{1), 2)}

Treatment	Storage periods(hours)					
	0	6	12	24	48	72
NY-M15	6.66±0.17 ^a	6.60±0.01 ^a	6.73±0.05 ^a	6.38±0.04	5.94±0.03 ^b	6.40±0.06 ^a
NY-M35	5.18±0.10 ^d	5.19±0.11 ^d	5.39±0.01 ^b	6.29±0.45	5.31±0.06 ^c	5.59±0.13 ^c
NY-M50	5.53±0.07 ^c	5.35±0.06 ^c	6.25±0.35 ^a	6.42±0.16	6.43±0.08 ^{ab}	6.47±0.15 ^a
AY-M15	6.40±0.02 ^b	6.41±0.07 ^b	6.46±0.11 ^a	6.33±0.07	6.35±0.09 ^{ab}	6.42±0.06 ^a
AY-M35	5.66±0.02 ^c	5.18±0.04 ^d	6.79±0.35 ^a	6.67±0.05	6.27±0.49 ^{ab}	6.09±0.01 ^b
AY-M50	5.27±0.02 ^d	5.19±0.01 ^d	5.18±0.08 ^b	6.74±0.06	6.60±0.21 ^a	6.40±0.19 ^a

¹⁾ Mean±S.D.

²⁾ Means with different superscripts are significantly different within same column(p<0.05).

Table 8. Effects of moisture level and storage periods on pH of TMRs under sealed condition ^{1), 2)}

Treatment	Storage periods(days)					
	0	2	6	10	14	18
NY-M15	6.66±0.17 ^a	6.24±0.15 ^a	6.40±0.08 ^a	6.45±0.10 ^a	6.33±0.07 ^a	6.22±0.00 ^b
NY-M35	5.18±0.10 ^d	4.79±0.04 ^c	4.69±0.00 ^b	4.50±0.05 ^{bc}	4.61±0.02 ^b	4.56±0.11 ^c
NY-M50	5.53±0.07 ^c	4.60±0.00 ^c	4.54±0.01 ^b	4.55±0.04 ^{bc}	4.44±0.02 ^b	4.56±0.04 ^c
AY-M15	6.40±0.02 ^b	6.37±0.04 ^a	6.33±0.10 ^a	6.41±0.09 ^a	6.44±0.28 ^a	6.52±0.00 ^a
AY-M35	5.66±0.02 ^c	5.28±0.08 ^b	4.61±0.05 ^b	4.64±0.02 ^b	4.73±0.01 ^b	4.52±0.04 ^c
AY-M50	5.27±0.02 ^d	4.72±0.04 ^c	4.57±0.11 ^b	4.33±0.21 ^c	4.47±0.02 ^b	4.49±0.03 ^c

¹⁾ Mean±SD.

²⁾ Means with different superscripts are significantly different within same column(p<0.05).

우도 발효제 첨가유무에 관계없이 수분 함량 15%에서는 pH 값이 6.0 이상으로 비교적 안정된 값을 나타내었다. 그러나 물만 첨가하여 수분함량 35%인 시료에서는 밀봉 6일째부터 급격히 증가하다가 10일 이후에는 하락하였다가 일정한 수준을 유지하는 경향을 나타내었다. 물만 첨가한 수분 50%의 시료는 밀봉 2일째까지 약간 감소하다가 증가하여 밀봉 6일 이후에는 일정한 수준을 유지하는 경향이였다. 발효제를 첨가한 수분 50% 시료는 밀봉 6일째까지는 변화가 없다가 밀봉 10일째까지 급격히 증가한 후 시간이 경과하면서 약간씩 감소하는 경향을 나타내었다. 경과시간별로 첨가와 무첨가의 수분함량에 따른 pH는 차이는 유의성 있게 나타났으며(p<0.05), 특히 15% 수분의 경우 모든 시간대별에서 다른 수분함량에 비해 pH

가 높은 경향을 보였다. 이는 수분 함량이 적으면 부패나 발효가 매우 천천히 진행된 반면 수분함량이 증가할수록 부패 또는 발효가 빠르게 나타남을 알 수 있다.

4. 암모니아 농도(NH₃-N) 변화

(1) 자연노출 시 경과시간별 암모니아 농도(NH₃-N) 변화

Table 9에서 보는 바와 같이 자연노출 시 발효제를 첨가하지 않은 시험구에서의 암모니아 농도는 24시간까지는 큰 변화가 없으나 24시간 후부터 크게 증가하는 경향을 보였으며, 발효제를 첨가한 시험구에서는 수분 함량에 관계없이 6시간 후부터 크게 증가하기 시작하다가 48시간 후부터는 감소하는 경향을 나타내었다.

Table 9. Effects of moisture level and storage periods on the concentration of NH₃-N of TMRs exposed to air

Treatment	Storage periods(hour)					
	0	6	12	24	48	72
 mg/100ml					
NY-M15	1.67	1.60	1.83	1.74	2.31	2.31
NY-M35	1.58	1.48	1.39	2.10	2.65	2.95
NY-M50	1.16	0.98	0.96	1.19	3.29	2.35
AY-M15	1.60	1.21	1.42	2.37	2.83	2.44
AY-M35	1.42	0.84	1.94	2.24	3.54	2.85
AY-M50	1.42	0.64	2.08	2.10	3.20	2.58

Table 10. Effects of moisture level and storage periods on the concentration of NH₃-N of TMRs under sealed condition

Treatment	Storage periods(day)					
	0	2	6	10	14	18
 mg/100ml					
NY-M15	1.67	1.10	1.26	1.49	2.01	1.48
NY-M35	1.58	0.71	0.71	1.12	1.64	1.03
NY-M50	1.16	0.59	0.32	0.96	1.39	0.94
AY-M15	1.60	0.94	1.60	1.83	1.40	1.37
AY-M35	1.42	0.68	1.12	1.26	1.42	1.44
AY-M50	1.42	0.70	1.17	1.37	1.12	1.05

이는 하 등(1999)이 보고한 두부비지 첨가 수준에 따른 사료가치 변화에서와 비슷한 경향을 나타내었다. 그러나 자연노출 시 암모니아 농도가 가장 높은 시기는 자연노출 6일경이었던 데 비해 본 연구에서는 48시간을 최고점으로 암모니아 발생이 감소하는 경향이였다. 이는 시험사료에 사용된 두부비지와 같이 부패성이 강한 원료와 그렇지 않은 원료사료의 차이 때문인 것으로 생각된다. 같은 수분 함량의 TMR 이라 하더라도 발효제를 첨가한 것은 6시간까지는 암모니아 발생이 낮아지다가 6시간 이후부터 암모니아 농도가 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 발효제를 첨가하지 않은 것은 12시간 이후에 암모니아 농도가 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 발효제의 효과에 의한 것으로 생각된다.

(2) 밀봉보관 시 경과시간별 암모니아 농도 (NH₃-N) 변화

Table 10에서 살펴 본 바와 같이 밀봉보관 시 발효제를 첨가하지 않은 시험구에서 암모니아 농도는 2일째까지 감소하다가 그 후에는 14일째까지 지속적으로 증가하였으며 14일째 이후에는 감소하는 경향을 나타내었다. 발효제를 첨가한 시험구는 수분 함량에 관계없이 2일째까지 감소하다가 10일째까지 급격히 증가하는 경향이였다. 10일 이후에는 수분함량 35% 시료를 제외하고 감소하는 경향을 나타내었다.

5. 건물 및 일반성분 함량 변화

(1) 자연노출 시 경과시간별 건물 및 일반성분 함량 변화

Table 11. Effects of moisture level and storage periods on the compositions of nutrients of TMRs exposed to air(as fed basis)

Treatment	Storage period (hr)	Nutrients							
		DM	CP	EE	CF	C.Ash	NDF	ADF	GE
	 %							
NY-M15	0	80.79	11.78	3.96	13.76	5.30	31.85	20.08	3,585
	24	81.11	12.94	4.25	24.16	5.20	27.17	17.03	3,608
	48	81.37	13.00	4.11	11.50	5.30	28.70	17.97	3,583
	72	82.44	14.04	4.11	11.26	5.44	25.57	15.77	3,633
	Average	81.43	12.94	4.11	15.17	5.31	28.32	17.71	3,062
NY-M35	0	60.37	10.08	2.64	9.68	3.91	24.46	14.00	2,775
	24	65.11	11.94	3.10	9.25	4.08	23.79	12.54	2,987
	48	65.05	11.30	2.93	9.83	4.17	25.09	15.23	2,931
	72	67.96	11.96	3.14	9.12	4.29	22.88	12.99	3,023
	Average	64.77	11.32	2.95	9.47	4.11	24.06	13.69	2,929
NY-M50	0	46.07	7.89	2.15	6.60	3.02	16.19	9.73	2,099
	24	48.61	8.88	1.85	6.26	3.13	16.76	9.69	2,207
	48	53.50	9.44	1.97	7.42	3.59	20.20	11.50	2,394
	72	54.81	9.77	2.24	7.87	3.58	19.89	12.07	2,250
	Average	50.75	9.00	2.05	7.04	3.33	18.26	10.75	2,238
AY-M15	0	79.46	12.45	3.55	12.24	4.96	28.47	17.84	3,639
	24	80.46	13.01	4.00	10.87	5.02	26.94	16.82	3,613
	48	80.40	12.94	3.82	11.36	4.76	28.66	17.10	3,597
	72	81.84	13.31	4.01	11.46	4.82	27.60	17.44	3,353
	Average	80.54	12.93	3.05	11.48	4.89	27.92	17.30	3,551
AY-M35	0	60.96	9.72	2.94	8.77	3.69	22.06	12.79	2,757
	24	76.87	13.41	3.61	11.66	4.70	26.19	15.49	3,466
	48	66.98	11.48	2.86	9.26	4.20	23.33	13.55	3,026
	72	70.20	11.87	3.27	9.75	4.24	23.21	13.83	3,074
	Average	68.75	11.62	3.17	9.86	4.21	23.70	13.92	3,081
AY-M50	0	46.99	7.84	2.09	6.79	2.99	16.50	10.31	2,109
	24	50.98	9.51	2.05	6.71	3.38	18.88	11.34	2,325
	48	54.95	9.78	2.14	8.35	3.57	19.24	12.49	2,516
	72	54.96	9.88	2.56	8.81	3.75	19.83	12.77	2,461
	Average	51.97	9.25	2.21	7.67	3.42	18.61	11.73	2,353

DM : dry matter, CP : crude protein; EE : ether extract, CF : crude fiber, C.Ash : crude ash, GE : gross energy.

자연노출 시 발효제 첨가유무에 상관없이 수분 15%인 대조구의 경우 건물 함량의 변화가 거의 없었으나, 수분 35%, 50%의 경우 시간이 경과함에 따라 건물 함량이 증가하는 경향이 있었다(Table 11). 이는 자연증발에 의한 수분손실에 기인한 것으로 생각된다. NDF 함량은 발효제 첨가유무에 상관없이 수분 15%와 35%의 경우 변화가 없거나 약간 감소하는 경향을 나

타내었으나 수분 50%에서는 약간 증가하는 것으로 나타났다.

(2) 밀봉보관 시 경과시간별 건물 및 일반성분 함량 변화

Table 12에 나타난 바와 같이 밀봉보관 시 경과시간에 따라 건물 함량에는 변화가 거의 나타나지 않았으나, NDF 함량은 약간 감소하

Table 12. Effects of moisture level and storage periods on the compositions of nutrients of TMRs under sealed condition(as fed basis)

Treatment	Storage period (day)	Nutrients							
		DM	CP	EE	CF	C.Ash	NDF	ADF	GE (cal/g)
NY-M15	0	80.79	11.78	3.96	13.76	5.30	31.85	20.08	3,585
	6	81.46	13.18	3.97	12.76	5.00	27.12	18.99	2,571
	10	79.93	12.83	4.09	12.37	4.85	26.76	17.03	3,379
	18	78.25	12.82	3.78	11.46	5.24	29.35	17.65	3,498
	Average	80.11	12.65	3.95	12.59	5.10	28.77	18.44	3,258
NY-M35	0	60.37	10.08	2.64	9.68	3.91	24.46	14.00	2,775
	6	62.29	10.31	2.97	9.09	3.86	20.32	14.14	2,796
	10	62.35	10.47	3.08	9.49	3.71	21.13	13.33	2,846
	18	60.89	10.32	2.54	9.03	3.86	21.21	15.56	2,758
	Average	61.48	10.30	2.81	9.32	3.84	21.78	14.26	2,794
NY-M50	0	46.07	7.89	2.15	6.60	3.02	16.19	9.73	2,099
	6	46.77	7.76	1.96	6.80	2.90	14.66	10.19	2,087
	10	47.09	8.16	2.39	6.79	3.07	15.29	10.08	2,152
	18	46.65	7.66	2.22	6.59	2.90	14.92	10.06	2,137
	Average	46.65	7.87	2.18	6.70	2.97	15.27	10.02	2,119
AY-M15	0	79.46	12.45	3.55	12.24	4.96	28.47	17.84	3,639
	6	80.95	12.44	4.04	11.79	4.92	27.07	18.35	3,564
	10	77.15	13.02	4.07	11.38	4.67	26.04	16.13	3,506
	18	78.47	13.42	3.96	10.58	4.66	27.36	16.81	3,542
	Average	79.01	12.83	3.91	11.50	4.80	27.24	17.28	3,563
AY-M35	0	60.69	9.72	2.94	8.77	3.69	22.06	12.79	2,757
	6	61.68	9.94	2.85	9.16	3.68	20.00	14.61	2,764
	10	59.47	9.83	3.00	8.37	3.56	20.27	13.14	2,681
	18	61.39	9.73	2.43	8.93	3.54	19.07	12.70	2,764
	Average	60.88	9.81	2.81	8.81	3.62	20.35	13.31	2,742
AY-M50	0	46.99	7.84	2.09	6.79	2.99	16.50	10.31	2,109
	6	48.19	8.00	2.02	6.64	2.95	15.11	10.35	2,185
	10	48.66	8.10	2.74	7.81	2.89	15.32	9.92	2,216
	18	49.10	8.26	2.47	6.71	3.17	15.93	11.34	2,257
	Average	48.24	8.05	2.33	6.99	3.00	15.72	10.48	2,192

는 경향을 나타내었다. 이는 하 등(1999)이 두 부비지 첨가수준에 따른 밀봉보관 시의 결과와도 일치하는 경향을 보였다.

IV. 요약

본 연구의 목적은 TMR 제조 시 물을 첨가하여 수분 함량을 높여줄 경우 수분 함량(15, 35, 50%)과 발효제(*Lactobacillus plantarum*) 첨

가유무에 따라 저장방법(자연노출과 밀봉보관) 경과시간별(자연노출 : 0, 6, 12, 24, 48, 72시간, 밀봉보관 : 0, 2, 6, 10, 14, 18일) 사료가치 변화를 조사할 목적으로 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다. 자연노출 상태로 저장한 경우, 수분 함량이 적을수록 외관상태가 양호하였으며 수분 함량이 높을수록 곰팡이가 생기는 시기가 빨라짐을 알 수 있었다. 시료의 냄새도 수분함량별, 발효제 첨가유무별로 달랐는데 물

만 첨가하여 수분 함량을 35%와 50%로 맞춘 시료는 자연노출 24시간째에 시큼한 냄새가 나기 시작하였으나 같은 수분 함량의 시료에 발효제를 첨가한 시료에서는 발효에 의한 냄새로 시큼한 냄새가 나지 않았고 오히려 발효로 인해 향긋한 냄새가 났다. 발효제를 첨가하지 않은 시료에서는 자연노출 후 6시간이 경과하면서 지속적으로 내부온도가 상승하는 경향을 나타내고 있으며, 발효제를 첨가한 수분 함량 50% 시료에서는 자연노출 6시간부터 지속적으로 온도가 상승하는 경향을 나타낸 반면, 발효제를 첨가한 수분 35% 시료는 자연노출 48시간부터 온도가 급격히 상승함을 보이고 있다. 발효제를 첨가한 시료를 자연노출 시 수분 함량에 따른 경과시간별 pH 변화를 보면, 수분 15%에서는 경과시간에 따른 변화가 적었으나 수분 35%와 50% 시료는 각각 12시간째와 24시간째부터 pH가 급격하게 증가 하였다. 자연노출 시 같은 수분 함량의 TMR 시료에서 발효제를 첨가한 것은 6시간까지는 암모니아 발생이 낮아지다가 6시간 이후부터 암모니아 농도가 증가하는 경향을 나타낸 반면, 발효제를 첨가하지 않은 것은 12시간 이후에 암모니아 농도가 증가하는 경향을 나타내었다. 자연노출 시 영양소 함량 변화는 경과시간이 진행됨에 따라 수분의 증발로 인해 영양소 함량이 증가하는 경향을 나타내었으며, 밀봉보관 시에도 같은 경향을 나타내었다. 이상과 같은 결과를 종합해 보면, TMR 제조 시 수분함량을 조절하기 위하여 물을 첨가시킬 때 물만 첨가하는 것 보다는 물에 발효제(*Lactobacillus plantarum*)를 섞어 주는 것이 경과시간에 따른 TMR의 사료 가치 저하를 방지할 수가 있을 것으로 사료되었다.

V. 인 용 문 헌

1. 김동균. 2002. 국내 TMR 산업의 현재와 미래 전망. TMR연구회 추계 심포지엄. pp. 5-25.
2. 농림부. 2001. 사료관리법시행규칙 개정.
3. 서울우유. 2006. 2005년말 목장종합실태조사. 서울우유협동조합 월간 서울우유 7월호. pp. 44-65.
4. 하중규, 김홍대, 이청수, 곽병오, 김선우, 이성실, 고종렬. 1999. 두부비지의 첨가수준에 따른 TMR의 저장성 및 이용성 구명. 한국영양사료학회지 23(1):29-38.
5. 한정대, 채현석, 정의수, 강우성. 1993. 완전혼합 사료 혼합후의 사료가치 변화에 관한 연구. 축산시험연구보고서. pp. 241-252.
6. AOAC. 1990. Official methods of analysis 16th ed. Association of official analytical chemists. Washington DC.
7. Christopher, E.N. 1993. Strategies of mold control in dairy feeds. J. Dairy Sci. 76:898-902.
8. Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometrics. 11:142.
9. Harrison, J.H. and R. Blauwiekel. 1994. Fermentation and utilization of grass silage. J. Dairy Sci. 77:3209-3235.
10. Hoffman P. and W.T. Howard. 1989. Introduction and overview on TMR feeding. In Linn, J. Feeding total mixed ration(TMR) to dairy cattle. U.S Feed Grain Council.
11. Kellems, R.O., R. Jones, D. Andrus and M.V. Wallentine. 1991. Effect of moisture in total mixed rations on feed consumption and milk production and composition in Holstein cows. J. Dairy Sci. 74:929-932.
12. National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Rev. Ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
13. Robinson, P.H., P.L. Burgess and R.E. McQueen. 1990. Influence of moisture content of mixed rations on feed intake and milk production of dairy cows. J. Dairy Sci. 73:2916-2921.
14. SAS. SAS/STAT. 1997. Software for PC, SAS/STAT user's guide : Statistics. SAS inst., Cary, NC.
15. Van Soest, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. O and B Books, Inc., Corvallis, OR. pp. 81-84.