

## 수확시기에 따른 맥류 곡실발효사료의 사료가치 및 발효품질

송태화<sup>†</sup> · 오영진 · 강현중 · 박태일 · 정영근 · 김양길 · 김보경

국립식량과학원

### Effect of Feed Value and Fermentative Quality According to Harvesting Time of Barley and Wheat Grain Silage

Tae-Hwa Song<sup>†</sup>, Young-Jin Oh, Hyeon-Jong Kang, Tae-Il Park, Young-Keun Cheong,  
Yang Kil Kim, and Bo-Kyeong Kim

National Institute of Crop Science, RDA, WanJu-gun 565-851, Korea

**ABSTRACT** This experiment was conducted to determine the optimal harvesting time for barley and wheat grain for the production of fermented grain feeds, and to investigate their fermentation quality according to harvesting time. As a result, grain moisture content was decreased with late harvest, whereas spike weight ratio and 1000 grain weight were increased with prolonged period after heading. Grain yielding was increased with late harvesting time significantly at  $p < 0.05$ . Crude protein content was increased with late harvesting time, but crude fiber content was decreased. Crude fat and ash content were slightly decreased, but not statistically significant. Comparing the effects of fermentation on feed value of winter cereal grain, the approximate compositions were slightly increased after fermentation, but the difference was not significant. Fermentations resulted in increasing the pH value of winter cereal grain silage with late harvesting time, but decreasing the lactic acid content ( $p < 0.05$ ). No significant difference was found in acetic acid, and butyric acid was not detected. Considering the quantity and quality of fermentation, barley and wheat can be used for winter cereal grain silage when they were harvested at 35 days and 40-45 days after heading, respectively.

**Keywords** : barley grain, wheat grain, silage, feed value, fermentative quality

**국내** 배합사료 원료곡물은 대부분 수입에 의존하여 국제 곡물가 상승에 따른 사료비 급증으로 농가경영이 갈수록 어

려워지고 있으며, 우리나라 곡물자급자급률은 '12년 22.6%를 기록하여 사상 최저수준으로 떨어졌다. 최근 배합사료 가격상승에 대한 대책으로 농산부산물 활용에 대한 연구가 이뤄지고 있으나 대체 가능성에 대한 연구가 대부분이며 활용성 또한 미흡한 실정이다.

동계작물인 보리와 밀은 겨울철 유희지를 활용하여 생산이 용이하고, 52~72%의 전분을 함유하고 있으며(Chang *et al.*, 2006), 옥수수보다 단백질 및 전분의 소화율이 더 높다(McAllister *et al.*, 1993). 또한 보리와 옥수수 곡실의 가소화에너지 함량은 각각 3,097과 3,484 cal/kg이었고, 옥수수를 80%까지 대체해도 일당중체량의 통계적인 유의성은 없었다고 보고하였다(Jeng *et al.*, 1987). 보리를 비육말기 돼지 사료 내 급여 시 등지방두께 감소효과가 있고(Bell & Keith, 1993), 밀은 우리나라에서 사료용으로 매년 250만톤 정도를 수입을 하고 있는 실정이다. 특히 맥류 곡실을 발효시킨 발효사료는 장 내 락토바실러균의 증가와 유해미생물의 감소를 확인할 수 있었고(Van winsen *et al.*, 2001), 기호성 향상 및 면역력 강화에도 효과가 있는 것으로 나타났다(Canibe & Jensen, 2007). 이렇듯 맥류 곡실은 배합사료 원료의 일부를 대체 할 수 있을 뿐만 아니라 발효를 시킨 발효사료의 조제는 소화율 향상은 물론 건강 기능성까지도 기대할 수 있었다. 곡실발효사료에 대한 연구는 주로 알곡 수확 후 물을 첨가하여 액상 혹은 고체상의 발효사료를 조제하였는데, 이렇게 조제하면 알곡수확 후 저장을 위한 건조 시 비용이 들 뿐만 아니라 발효에 필요한 수분을 제공하기 위해 물을 첨가해야 하는 번거로움이 있다. 또한 발효사료를 만드는데

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-63-238-5208 (E-mail) ocean0916@korea.kr

<Received 26 December, 2014; Accepted 4 June, 2015>

이용되는 맥류의 알곡이 국내산이 아닌 수입산으로 조제될 수 있는 우려도 따른다.

따라서 본 연구는 국내산 맥류 곡실을 이용하여 발효사료를 조제하기 위하여 맥류알곡의 수확시기에 따른 수분함량을 조사하고, 발효사료 조제를 위한 적정 수확시기 및 수확시기별 곡실 발효사료의 발효품질을 평가하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 시험재료

시험재료는 농촌진흥청 국립식량과학원에서 개발한 겉보리(영양), 쌀보리(새쌀), 밀(금강)을 사용하였다.

### 재배 및 곡실발효사료 조제

본 시험은 2012년 10월부터 2014년 10월까지 2년간 전북 익산에 소재한 국립식량과학원에서 실시하였다. 파종양식은 휴폭 150 cm, 파폭 120 cm, 휴장 6 m에 휴립광산파를 하였으며, ha당 파종량은 220 kg이었다. 시비량은 표준시비량인 ha당 N<sub>2</sub> 94 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 75 kg, K<sub>2</sub>O 40 kg를 기준으로 하였는데, 이 중 질소는 기비로 40%, 추비로 60%로 분시하였으며, 인산과 칼리는 전량 기비로 사용하였다. 출수일은 영양보리 4월 24일, 새쌀보리 4월 22일, 금강밀 4월 25일이었다. 수확은 영양보리와 새쌀보리는 출수 후 30, 35, 40일, 금강밀은 출수 후 35, 40, 45일로 나뉘어 3차례씩 실시하였다. 곡실발효사료는 맥종 모두 각 수확시기에 맞춰 20L 플라스틱 시험용 사일로를 이용하여 조제하였고, 첨가제로 시판용 ‘청미락토’ 발효제를 제조 시에 정량을 곁고루 뿌려주었으며, 이를 약 90일간 발효시킨 후 분석에 사용하였다. 모든 작물의 병해충 및 잡초는 기본방제를 기준으로 하였으며, 기타 재배 및 생육조사 등은 국립식량과학원 표준재배법(NICS, 2010)과 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA, 2012)에 의하여 실시하였다.

### 사료가치 분석

분석용 시료는 각 품종별로 수확시기 및 발효곡실 개봉당 일 300~500 g의 시료를 취하여 60°C 순환식 건조기에 72시간 이상 건조한 후 건물 중량을 칭량하여 건물함량을 산출한 다음 이를 분쇄기로 분쇄하여 분석에 이용하였다. 시료의 일반성분 분석은 AOAC (1995)에 준하여 조단백질은 Micro Kjeldahl법, 조섬유는 산염기분해법, 조지방은 Soxhlet's 추출법, 조회분은 직접회화법으로 측정하였다. 축종별 TDN 함량은 사료공정서(MAFRA, 2011)에 준하여 TDN=DCP+DNFE+DCF+DEE×2.25로 산출하였다.

**Table 1.** HPLC conditions for the analysis of organic acids.

Items	Conditions
Column	SUPELCOGEL™ C-610H
Detector	UV, 210 nm
Flow rate	0.5 ml/min
Solvent	0.1% Phosphoric acid
Absorbance	210 nm
Injection volume	20 µl

### 곡실발효사료의 pH 및 유기산 분석

pH는 시료 10 g에 3차 증류수 100 ml를 넣고 4°C로 맞춘 shaking incubator에 넣어 24시간 추출시킨 후 상층액을 취하여 측정하였다. 유기산은 pH에서와 같은 방법으로 상층부를 취한 후 여과지(Whatman No. 2)로 여과를 거친 후 다시 0.45 µm syringe 필터로 최종 여과를 거친 후 HPLC를 이용하여 분석하였다. 유기산의 분석조건은 Table 1과 같다.

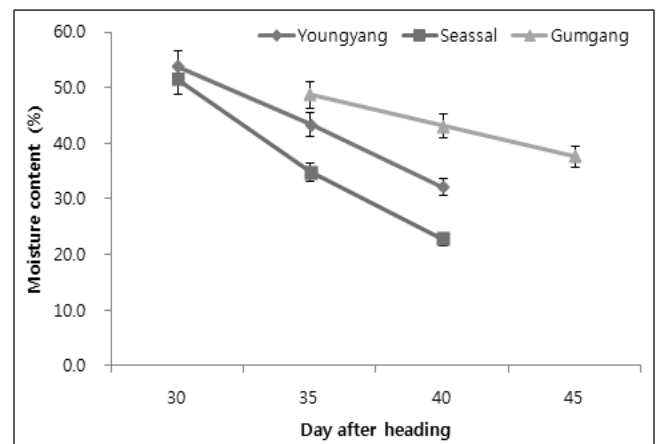
### 통계분석

이 실험에서 얻어낸 데이터는 SAS Ver. 9.1 program (2002)을 이용하여 분산분석을 실시하였으며, Duncan's multiple range test에 의하여 5% 유의수준에서 처리구간의 통계적인 차이를 구명하였다.

## 결과 및 고찰

### 맥종별 수확시기에 따른 수분함량 변화

맥종별 수확시기에 따른 수분함량의 변화는 Fig. 1과 같다. 발효에 중요한 요인인 수분함량은 수확시기가 늦어짐에



**Fig. 1.** Changes in moisture content of winter cereal grain at different harvesting time.

따라 감소하는 경향을 보였다. 영양보리와 새쌀보리는 출수 후 30일에 수분함량이 각각 53.9%, 51.6%이었으며, 출수 후 35일에는 43.5%, 34.9%, 출수 후 40일에는 32.2%, 22.9%이었다. 금강밀은 출수 후 35일에 수분함량이 48.8%이었고, 출수 후 40일에는 43.2%, 출수 후 45일에는 37.8%이었다. 영양보리, 새쌀보리는 출수 후 40일, 금강밀은 출수 후 45일에서 40% 미만의 수분을 나타냈다. Seog *et al.* (1993)은 겉보리에서 출수 초기에는 65~70% 정도로 수분함량이 높았으나 성숙됨에 따라 점차 감소하여 완숙기인 출수 후 43일에는 20% 정도를 나타내었다고 보고하였고, Ju *et al.* (2007)도 출수 후 일수에 따른 새쌀보리와 흰찰쌀보리의 수분함량은 완숙기에 가까워 질수록 감소하는 경향을 보였고, 출수 후 34일에는 약 45%의 수분함량을 나타내었다고 보고하여 본 연구결과와 비슷한 결과를 보였다.

#### 맥종별 수확시기에 따른 생육특성 및 수량

맥종별 수확시기에 따른 생육특성 및 수량성은 Table 2와 같다. 수장과 일수립수는 영양보리, 새쌀보리, 금강밀 모두 수확시기에 따른 차이는 없었다. 이삭비율과 천립중은 맥종별 모두 출수 후 일수가 경과됨에 따라 높아지는 경향을 보였는데, 영양보리와 새쌀보리는 출수 후 30일에 이삭비율과 천립중이 각각 51.4%, 47.3%와 26.3 g, 22.9 g이었고, 출수 후 35일에는 각각 55.0%, 51.4%와 27.2 g, 26.1 g이었으며, 출수 후 40일에는 각각 56.3%, 60.5%와 29.1 g, 27.2 g이었다. 밀은 출수 후 35일에 이삭비율과 천립중이 34.2%, 29.1 g이었고, 출수 후 40일에는 54.5%, 34.1 g이었으며, 출수

후 45일에는 63.2%, 35.6 g이었다. 알곡수량은 맥종 모두 수확시기가 늦어질수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다( $p<0.05$ ). 영양보리와 새쌀보리는 출수 후 30일에 각각 320 kg/ha, 333 kg/ha이었고, 출수 후 35일에는 각각 385 kg/ha, 392 kg/ha이었으며, 출수 후 40일에는 각각 435 kg/ha, 467 kg/ha이었다.

#### 수확시기에 따른 곡실사료의 발효 전 후 사료가치

맥종별 수확시기에 따른 곡실사료의 발효 전 후 사료가치는 Table 3과 같다. 조단백질 함량은 영양보리, 새쌀보리, 금강밀이 수확시기별로 11~14% 수준이었고, 조지방함량은 2.0~2.5%, 조섬유함량은 2.2~7.5%, 조회분함량은 2.0~3.0%, 가용무질소물함량은 65~70% 수준을 나타냈다. 수확시기가 늦어질수록 맥종 모두 조단백질 함량은 높아지는 경향을 보였고, 조섬유함량은 낮아지는 경향을 보였으며, 조지방과 조회분 함량은 비슷하거나 약간 낮아지는 경향을 보였지만 통계적인 유의성은 없었다. Kim *et al.* (2012)는 청보리 곡실의 조단백질 함량은 11~13%, 조지방 함량은 1.8~2.2%, 조섬유 함량은 6.2~6.9%, 조회분 함량은 2.3~2.7%라고 보고하여 본 연구결과와 비슷한 결과를 보였다. Choe & Youn (2005)는 보리의 경우 단백질 함량은 8~10%, 지방함량은 0.9~1.1%, 조섬유 함량은 0.65~0.75%, 당질 함량은 77~79%이고, 밀의 경우 단백질 함량이 10.3~10.8%, 지방 함량이 0.7~1.3%, 회분 함량이 1.8~2.1%, 조섬유 함량은 2.0~2.3%로 분석되었다고 보고하여 본 연구결과보다는 다소 낮은 값을 보였다. Lee *et al.* (2002)는 밀의 단백질 함량은 품종 및

**Table 2.** Growth characteristics and yield of winter cereal grain at different harvesting time.

Species	Harvesting time*	Spike length (cm)	No of grain/Spike	Spike wt ratio (%)	Yield (kg/10a)	1000 grain wt (g)
Barley (Youngyang)	30	5.0	61	51.4	320 <sup>c</sup>	26.3
	35	4.9	60	55.0	385 <sup>b</sup>	27.2
	40	5.2	60	56.3	435 <sup>a</sup>	29.1
	Mean	5.0	60	54.2	380	27.5
Barley (Seassal)	30	5.0	55	47.3	333 <sup>c</sup>	22.9
	35	5.2	60	51.4	392 <sup>b</sup>	26.1
	40	5.1	59	60.5	467 <sup>a</sup>	27.2
	Mean	5.1	58	53.1	397	25.4
Wheat (Gumgang)	35	8.7	35	34.2	335 <sup>c</sup>	29.1
	40	8.7	37	54.5	482 <sup>b</sup>	34.1
	45	8.6	35	63.2	548 <sup>a</sup>	35.6
	Mean	8.7	36	50.6	455	32.9

<sup>a-c</sup>Means in a row with different superscripts are significantly different( $p<0.05$ ).

\*Day after heading

**Table 3.** Changes in feeding value of winter cereal grain between before and after ensiling at different harvesting time.

	Species	Harvesting time (Day after heading)	CP*	EE	CF	CA	NFE	TDN		
								Chicken	Pigs	Cattle
Before ensiling	Barley (Youngyang)	30	11.1	2.5	7.5	3.1	66.9	74.9	77.9	82.5
		35	12.6	2.4	5.2	3.0	67.8	76.3	79.3	83.5
		40	13.3	2.5	5.8	3.0	66.4	75.9	78.8	83.1
	Barley (Seassal)	30	11.9	2.0	2.4	3.3	71.4	77.8	80.7	84.6
		35	12.3	2.2	2.4	3.3	70.8	78.0	80.8	84.7
		40	13.4	2.2	2.3	2.6	70.4	78.1	81.0	84.8
	Wheat (Gumgang)	35	12.9	2.3	3.8	2.8	69.1	80.7	88.8	87.9
		40	13.3	2.0	3.4	2.5	69.8	80.9	89.2	88.1
		45	13.8	2.0	2.2	2.1	71.0	82.2	90.3	89.0
After ensiling	Barley (Youngyang)	30	12.9	2.6	7.6	3.1	65.0	74.8	77.8	82.2
		35	13.2	2.4	7.0	2.8	65.6	75.3	78.3	82.6
		40	13.8	2.5	5.9	2.9	66.0	76.0	78.9	83.1
	Barley (Seassal)	30	12.3	2.5	3.8	2.3	70.1	78.1	80.9	85.1
		35	13.7	2.4	3.5	2.4	69.0	78.0	80.8	84.8
		40	14.4	2.2	3.0	2.9	68.4	77.7	80.5	84.4
	Wheat (Gumgang)	35	13.4	2.4	5.7	2.7	66.8	79.5	87.9	87.3
		40	14.2	2.1	4.3	2.5	67.9	80.4	88.6	87.8
		45	14.3	2.2	3.2	1.9	69.3	81.7	89.9	88.8

\*CP: Crude protein, EE: Ether extract, CF: Crude fiber, CA: Crude ash, NFE: Nitrogen free extract, TDN: Total digestible nutrients

생육기간 중 환경에 따라 대략 6~20%까지 변이를 보인다고 보고하여 맥류의 일반성분은 품종 및 재배조건에 따라 영향을 많이 받으며, 본 연구결과에 따르면 품종 모두 출수 후 30~40까지는 유의적인 차이는 나타나지 않는다는 것을 알 수 있다. 축종별 가소화영양소 총량은 겉보리는 출수 후 35일에서 가장 높았고, 쌀보리와 밀은 각각 출수 후 40일, 출수 후 45일에서 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 맥종별로 비교하여 보면 금강밀>새쌀보리>영양보리 순이었고, 축종별로 비교하여 보면 소>돼지>닭 순으로 나타났다. 곡실사료의 발효 전후의 사료가치를 비교하여 보면, 일반성분들이 발효를 거친 후 약간 증가되는 경향은 있었지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 따라서 맥류의 곡실을 발효시켜 사용하여도 사료가치 면에서는 문제없는 것으로 판단된다.

#### 수확시기에 따른 발효곡실의 발효품질

수확시기에 따른 발효곡실의 발효품질은 Table 4와 같다. 공시한 맥종 모두 수확시기가 늦어질수록 pH는 높아지고,

젖산함량은 유의적으로 낮아지는 경향을 보였다( $p<0.05$ ). 초산함량은 맥종 모두 수확시기에 따른 차이를 나타내지 않았고, 낙산은 검출되지 않았다. Charmley (2000)는 사일리지의 발효는 수분, 가용성탄수화물, 박테리아 종류, 밀봉상태 등 요인과 관련된다고 보고하였고, Heo *et al.* (2005)은 맥류에서 수잉기부터 황숙기까지 수확시기가 늦어질수록 가용성탄수화물의 함량은 감소한다고 보고하였다. 또한 사일리지 제조 시 건물함량이 높을수록 사일리지의 pH가 높아진다고 보고하였는데, 이 연구에서 수확시기가 늦어질수록 건물함량이 높아지고, 수분과 가용성탄수화물의 함량 낮아지면서 곡실발효사료 내의 pH가 높아지고 젖산함량이 낮아지는 결과를 초래한 것으로 생각된다. 보리에서 출수 후 30, 35일에서는 양호한 발효품질을 나타냈지만, 출수 후 40일에서는 영양보리와 새쌀보리의 발효가 안정적으로 진행되지 못한 양상을 보였는데, 이는 영양보리의 수분함량이 30%정도, 새쌀보리는 25%미만으로 안정적인 발효가 진행되기에는 부족한 수분함량인 것으로 생각된다. 금강밀은 출수 후 35, 40, 45일에 모두 양호한 발효품질을 나타냈다.

**Table 4.** Change of pH and organic acid content according to different harvesting time of winter cereal grain silage.

Species	Harvesting time (Day after heading)	Moisture content (%)	pH	Organic acid (% DM)		
				Lactic	Acetic	Butyric
Barley (Youngyang)	30	54.9	4.0	4.46 <sup>a</sup>	0.33	-
	35	45.1	4.1	2.74 <sup>b</sup>	0.44	-
	40	30.9	4.3	1.72 <sup>c</sup>	0.55	-
Barley (Seassal)	30	49.3	3.9	4.11 <sup>a</sup>	0.44	-
	35	35.3	4.3	2.31 <sup>b</sup>	0.66	-
	40	23.5	4.5	1.48 <sup>c</sup>	0.53	-
Wheat (Gumgang)	35	48.2	3.8	5.34 <sup>a</sup>	0.59	-
	40	42.5	4.1	2.56 <sup>b</sup>	0.63	-
	45	34.6	4.2	2.34 <sup>b</sup>	0.25	-

<sup>a-c</sup>Means in a row with different superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ )

## 적 요

이 연구는 맥류 곡실발효사료 조제를 위한 적정 수확시기 및 수확시기별 곡실 발효사료의 발효품질을 평가하기 위하여 실시하였다. 그 결과, 알곡의 수분함량은 수확시기가 늦어짐에 따라 감소하는 경향을 보였고, 이삭비율과 천립중은 맥종별 모두 출수 후 일수가 경과됨에 따라 높아지는 경향을 보였다. 알곡수량은 맥종 모두 수확시기가 늦어질수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다( $p < 0.05$ ). 조단백질 함량은 수확시기가 늦어질수록 맥종 모두 높아지는 경향을 보였고, 조섬유함량은 낮아지는 경향을 보였으며, 조지방과 조회분 함량은 비슷하거나 약간 낮아지는 경향을 보였지만 통계적인 유의성은 없었다. 곡실사료의 발효 전후 사료가치를 비교하여 보면, 일반성분들이 발효를 거친 후 약간 증가되는 경향은 있었지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 발효품질 면에서는 공시한 맥종 모두 수확시기가 늦어질수록 pH는 높아지고, 젖산함량은 유의적으로 낮아지는 경향을 보였다( $p < 0.05$ ). 초산함량은 맥종 모두 수확시기에 따른 차이를 나타내지 않았고, 낙산은 검출되지 않았다. 따라서 수량과 발효품을 고려할 때, 맥류 곡실사료 조제를 위해서는 겉보리와 쌀보리는 출수 후 35일, 밀은 출수 후 40~45일에 수확하는 것이 적당한 것으로 판단된다.

## 사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 곡실 발효사료용 사료맥류 품종선발, 세부과제번호: PJ01018503)의 지원에 이루어진 것이며, 이의 지원에 감사드립니다.

## 인용문헌(REFERENCES)

- AOAC. 1995. Official method of analysis (15th ed.) Association & Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Bell, J. and M. O. Keith. 1993. Effects of combination of wheat, corn or hulls barley with hulled barley supplemented with soybean meal or canola meal on growth rate, efficiency of feed utilization and carcass quality of market pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 44 : 759-764.
- Canibi, N. and B. B. Jensen. 2007. Fermented liquid feed and fermented grain to piglets-effect on gastrointestinal ecology and growth performance. *Livestock Sci.* 108 : 198-201.
- Chang, S. S., S. K. Hong, B. S. Lee, Y. M. Cho, E. K. Kwon, B. H. Peak, and M. K. Song. 2003. Effects of Feeding levels of barley grains on growth performance and carcass characteristics of Hanwoo bulls. *Kor. J. Anim. Sci. T.* 48 : 247-254.
- Charmley, E. 2000. Towards improved silage quality-A review. *Crops and Livestock Research Centre, Agriculture and Agri-Food Canada, Nappan, Nova Scotia, Canada B0L 1C0.*
- Cheo, J. S. and J. Y. Youn. 2005. The chemical composition of barley and wheat varieties. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34(2) : 223-229.
- Ju, J. I., K. S. Lee, H. I. Min, B. J. Lee, B. G. Kwon, J. H. Gu, and M. J. Oh. 2007. Change in physicochemical characteristics of green barley according to days after heading. *Korean J. Crop Sci.* 52(1) : 36-44.
- Kim, H. Y., G. M. Chu, S. C. Kim, J. H. Ha, J. H. Kim, S. D. Lee, and Y. M. Song. 2012. The nutritive value of grains from barley cultivars (Wooho, Youngyan, Yuyeon). *J. Agric. & Life Sci.* 46(3) : 69-78.
- Lee, C. K., J. H. Nam, M. S. Kang, B. C. Koo, J. C. Kim, K. Park, M. W. Park, and Y. H. Kim. 2002. Current wheat quality criteria and inspection systems of major wheat producing

- countries. *Korean J. Corp Sci.* 47(S) : 63-94.
- Heo, J. M., S. K. Lee, I. D. Lee, B. D. Lee, and H. C. Bae. 2005. Effect of different growing stages of winter cereal crops on the quality of silage materials and silages. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)* 47(5) : 877-890.
- McAllister, T. A., R. C. Phillippe, L. M. Rodc, and C. J. Chong. 1993. Effect of the protein matrix on the degestion of ceral by ruminal mictootganism. *J. Anim. Sci.* 71 : 205-206.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2011. Feed process guide book. p. 28.
- National Institute of Crop Science, Rural Development Administration (RDA). 2010. Task performance plan for test research business. Wanju-gun, korea. pp. 45-54.
- Rural Development Administration (RDA). 2012. Agricultural science and technology of analysis based on research( I ). pp. 315-374.
- SAS. 2002. SAS system Releas 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Seog, H. M., J. S. Kim, H. D. Hong, S. S. Kim, and K. T. Kim. 1993. Change in chemical composition of maturing barley kernels. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 36(6) : 449-455.
- Van Winsen, R. L., B. A. P. Urlings, L. J. A. Lipman, J. M. A. Snijders, D. Keuzenkamp, J. H. M. Verheijden, and F. van Knapen. 2001. Effect of fermented feed on the microbial population of the gastrointestinal tracts of pigs. *Appl. Environ. Microbiol.* 67 : 3071-3076.