

Research Article

## 쌀보리 종실 내 미생물 분포와 생균제 접종이 발효특성에 미치는 영향

안혜진<sup>1</sup> · 김기현<sup>1</sup> · 조은석<sup>1</sup> · 김조은<sup>1</sup> · 김광식<sup>1</sup> · 김영화<sup>1</sup> · 송태화<sup>2</sup> · 박종호<sup>2</sup> · 강환구<sup>1</sup> · 장선식<sup>1</sup> ·  
오영균<sup>1</sup> · 천동원<sup>1</sup> · 설국환<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립축산과학원, <sup>2</sup>농촌진흥청 국립식량과학원

## Effect of Microbial Flora and Inoculation of Probiotics on Fermenting Characteristics of Naked Barley Grain (*Hordeum Vulgare* L.)

Hye-Jin Ahn<sup>1</sup>, Ki Hyun Kim<sup>1</sup>, Eun Seok Jo<sup>1</sup>, Jo Eun Kim<sup>1</sup>, Kwang-Sik Kim<sup>1</sup>, Young Hwa Kim<sup>1</sup>, Tae Hwa Song<sup>2</sup>,  
Jong Ho Park<sup>2</sup>, Hwan Ku Kang<sup>1</sup>, Sun Sik Jang<sup>1</sup>, Young Kyooh Oh<sup>1</sup>, Dong Won Cheon<sup>1</sup> and Kuk-Hwan Seol<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Cheonan 33000, Korea,

<sup>2</sup>National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

### ABSTRACT

This study was performed to analyze the resident microbial flora and the effects of probiotic inoculation on the fermentation characteristics of whole grain naked barley (*Hordeum Vulgare* L.) with the goal of evaluating the possibility of utilization as fermented feedstuff. Naked barley grains were harvested 35 days after heading, and the microbial flora was analyzed using MALDI-TOF mass spectrometer. After inoculation of commercial microbes to the naked barley grain (BT), the pH and number of bacteria, such as aerobic bacteria, lactic acid bacteria, yeast and *E. coli*, were measured and compared with the non-inoculated control (BC). A total of 122 colonies was isolated from the naked barley grain and the most popular bacteria species was *Staphylococcus xylosus* (n = 30, 24.59%). The pH value decreased more rapidly in BT than in BC, and was significantly lower after 7 days of fermentation at  $4.33 \pm 0.02$  and  $4.83 \pm 0.01$ , respectively. The number of aerobic bacteria, lactic acid bacteria and yeast showed an increasing trend within the first 7 days of fermentation, however, their numbers decreased at 28 and 42 days of fermentation. The population of lactic acid bacteria in BT was higher than in BC, but there was no significant difference at 7 days of fermentation, with respective levels of  $9.24 \pm 0.20$  and  $9.01 \pm 0.10$  logCFU/g ( $p > 0.05$ ). The initial number of *E. coli* was very high in the naked barley grain but subsequently decreased significantly. After 7 days of fermentation, *E. coli* was not detected in either BT or BC samples. From these results, it appears that the fermentation of naked barley grain proceeded adequately after 7 days, and that fermentation contributes to the safety of naked barley grain during storage.

(Key words : Naked barley grain, *Hordeum Vulgare* L., Microbial flora, Fermentation)

### I. 서 론

보리는 세계적으로 많이 소비되는 곡물 중 하나로, 단백질과 지방, 무기질 등의 영양소를 골고루 함유하고 있어 영양학적으로 매우 우수한 것으로 알려져 있으며 (Ju et al., 2007; Cho, 1995; Jung et al., 1987), 대표적인 섬유질 사료 작물로 옥수수, 쌀, 밀과 함께 가장 많은 양이 생산되는 곡물 중 하나로서 농가 소득증대 및 농지 이용률 제고에도 크게 기여해왔다 (Lee and Jung, 2003; Kim et al., 2002). 보리는 크게 껍질이 잘 분리되어 사람이 식용으로 사용하는 쌀보리 (naked barley)와 껍질이 분리되지 않아서 사료로

사용하는 겉보리 (hulled barley)로 나눌 수 있다 (Kim et al., 1999). 쌀보리는 출수 후 일수에 따라 단백질 10.0~13.5%, 지방 3.2~6.5%, 섬유소 3.9~5.4%, 회분 2.0~2.8%, 유리당 1.5~7.0%, 전분 30.7~73.2%로 그 영양성분과 생리활성, 관능에 큰 차이가 있는 것으로 보고되었다 (Ju et al., 2007). 보리를 20% 첨가한 사료를 비육돈에 급여하면 등지방 두께가 감소하는 경향을 나타내었으며, 비육후기 옥수수 위주의 사료 중 60%를 보리로 대체하여 급여시 등지방 두께가 감소하는 경향을 보였다 (한, 1987; Chung et al., 1998). 국제유가 및 환율의 등락과 곡물 수요의 급증에 따른 국제곡물가격의 불안정은 사료 원료의 90%를 수입곡물에 의

\* Corresponding author : Kuk-Hwan Seol, National Institute of Animal Science, 33000, Korea. Tel : +82-41-580-3444, E-mail : seolkh@korea.kr (K.-H Seol)

존하고 있는 국내 양돈산업의 경쟁력을 약화시키는 주요 원인이 된다(Shin et al., 2008). 최근 양돈 생산비 상승에 대비한 방법으로 수입 배합사료를 대체할 수 있도록 국내 농식품 부산물이나 조사료 등을 사료로 이용하고자 하는 노력을 정부를 비롯하여 많은 축산 농가들에서 기울이고 있으며, 겨울철 유휴지를 활용한 동계작물의 생산을 장려하고 있다(Song and Ha, 2007; Lee et al., 2009; Kim et al., 2012; Yun et al., 2009). 하지만 이러한 조사료나 부산물들은 고섬유성 사료이기 때문에 이를 미생물 발효과정을 거쳐 가축이 소화하기 어려운 cellulose나 lignin의 이용성을 증진시킬 필요가 있다(Kim et al., 2009). 발효사료는 미생물을 접종하여 발효시킨 사료로 균체가 포함되어 있어 생균제의 기능을 가지고 있다(Cho et al., 2012). 발효사료를 제조하기 위해서는 발효 미생물과 원료사료의 선별이 중요하다. 현재 발효사료 제조를 위해 많이 사용되는 미생물은 *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus oryzae*, *Bacillus subtilis* 등이 있고(Ghanem et al., 2000), 대부분 혼합 미생물 제제의 형태로 사용되고 있다. 미생물은 발효과정에서 사료 내 영양분을 분해하여 증식하고, 발효산물로 생성된 유기산, 당류 및 미네랄 등은 유익한 미생물의 성장을 촉진한다(Anugwa et al., 1989). 이렇게 제조된 발효사료는 원료사료의 영양성분과 발효과정에서 생성된 유용물질로 인하여 사료적 가치가 크게 개선될 수 있다(Cho et al., 2012).

보리의 사료곡물로서의 활용가치는 매우 높으나 높은 수분함량으로 인하여 그 저장성이 낮으며, 수확 후 탈곡과 건조과정 등의 가공공정이 가격 인상의 요인으로 작용하여 사료로의 이용이 제한되고 있다. 또한 보리 종실의 발효를 통한 저장성과 미생물 분포 변화에 관한 연구는 아직 미미한 실정이다. 이에 본 연구에서는 동계사료 작물로서 보리 알곡에 대한 활용도 제고와 저장성 증진을 위해 미생물 접종을 통한 발효 특성을 분석하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료 및 시약

본 연구에 사용된 쌀보리 종실은 국립식량과학원 김제포장에서 재배되었으며, 출수 후 35일령에 탈곡하여 바로 실험실로 이송한 후 발효를 위한 시료로 사용하였다. 쌀보리 종실 중의 미생물 분석을 위한 영양배지(nutrient agar), MRS 배지, YM배지, McConkey 배지는 BD difco사(Detroit,

MI, USA)의 제품을 구입하여 사용하였다. 또한 질량분석을 위한 matrix는 Bruker Daltonik사(Bremen, Germany)의 HCCA matrix( $\alpha$ -cyano-4-hydroxy-cinnamic acid, Part NO., 255344)를 구입하여 사용하였다.

### 2. 시료의 준비

수확한 쌀보리 종실 5 kg에 (주)청미바이오사의 시판 생균제(청미락토) 1 g을 증류수 1L에 희석한 후 쌀보리 곡실에 0.2% 농도로 접종하여 500 g씩 용기에 나눠 담아 밀봉하여 처리구로 사용하였다(BT). 또한 생균제를 접종하지 않은 쌀보리 종실을 동일한 용기에 밀봉하여 대조구로 사용하였다(BC). 포장된 쌀보리 종실은 37°C 배양기에서 42일간 저장하며 0, 3, 7, 28, 42일차에 이화학적 및 미생물학적 분석을 위한 시료로 사용하였다.

### 3. 쌀보리 종실 내 미생물 균총 분석

쌀보리 종실 내 존재하고 있는 미생물 균총을 분석하기 위하여 시료 1 g에 9 ml의 멸균 희석액을 가하여 1분간 혼합(vortexing)한 후 10진 희석법을 이용하여 적절한 배율로 희석하였다. 희석된 시료 1 ml을 취하여 영양배지(nutrient agar)에 분주한 후 37°C 배양기(MIR-253, Sanyo, Japan)의 혐기와 호기 조건 하에서 24시간 배양한 후 각각의 단일집락을 모두 취하여 다시 새로운 영양배지에 도포하여 배양하였다. 배양된 미생물은 Bruker Microflex TOF mass spectrometer(Bruker Daltonik GmbH, Bremen, Germany)를 이용하여 동정을 수행하였다.

### 4. 질량분석법을 이용한 미생물의 동정

쌀보리 종실로부터 분리된 미생물들은 질소레이저가 장착된 Bruker Microflex TOF mass spectrometer(Bruker Daltonik GmbH, Bremen, Germany)를 이용하여 ribosomal proteins의 질량분석을 수행하였다. 시료의 분석에 앞서 규명된 *E. coli*의 ribosomal proteins(RL36, RS22, RL34, RL33meth, RL32, RL29, and RS19)를 이용하여 질량분석기를 보정하였다. 미생물은 신선한 집락으로부터 직접 취하여 시료판 위에 1 µg씩 접종하여 실온에서 건조시킨 후, HCCA matrix 2 µl씩을 미생물 시료에 가한 후 다시 실온에서 건조시켰다. 시료의 분석은 pulsed nitrogen laser(337 nm)를 3 ns 간격으로 10~50회 조사하여 2,000~20,000 Da 질량 범위의 spectrum들을 linear positive mode에서 기록한

후, 4,000~12,000 Da 범위에서 최소 600의 해상도에 이르도록 레이저 에너지를 조정하였다. 스펙트럼의 획득은 Bruker FlexControl의 자동실행모드(autoexecute mode)에서 자동 및 수동으로 수행되었으며, 수집된 spectrum의 분석은 Bruker BioTyper™ 2.0 software를 이용하여 수행하였다. 약 20개의 스펙트럼들로부터 추출한 피크 리스트를 기준으로 각 미생물의 기준 피크 리스트(the main spectrum)를 산출하였으며, 스펙트럼의 정렬 후에 nm/z(질량 대 전하의 비율)이 250 ppm 미만의 피크들을 동일한 것으로 간주하였다.

### 5. 쌀보리 종실의 pH 측정

쌀보리 종실의 pH는 유리전극이 장착된 digital pH meter (Seven Multi™, Metler Toledo, USA)를 이용하여 pH를 측정하였다. 시료 5 g에 증류수 45 ml를 가하여 1분간 혼합(vortexing)한 후 pH meter를 이용하여 3회 측정하였다.

### 6. 쌀보리 발효과정 중 미생물 수의 변화 분석

쌀보리의 발효과정 중 미생물 수의 변화를 분석하기 위하여 일반세균과 유산균, 효모 및 대장균 수를 각각 측정하였다. 준비된 시료들은 1g씩 취하여 멸균 희석액 9 ml과 혼합한 후, 10진 희석법을 이용하여 적절한 배율로 희석하였다. 희석된 시료를 1 ml씩 취하여 영양배지와 MRS 배지, YM배지, McConkey 배지에 각각 분주하여 37℃ 배양기(MIR-253, Sanyo, Japan)에서 24시간 배양한 후, 30~300 집락 사이의 배지를 선택하여 집락을 계수하였다.

### 7. 통계 분석

통계분석은 SAS program for Windows V9.2(SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하여 분산분석(general linear model)을 실시하였으며, 처리구 간의 유의적인 차이는 Duncan's multiple range test에 의하여 5% 유의 수준에서 검정하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 쌀보리 종실 내 미생물 분포

질량분석법을 이용하여 쌀보리 종실로부터 유래하는 미생물을 동정한 결과는 Fig. 1과 같다. 호기 및 혐기 조건 하에서 분리된 총 122개의 단일집락을 모두 Bruker Microflex TOF mass spectrometer 장비를 이용하여 동정한

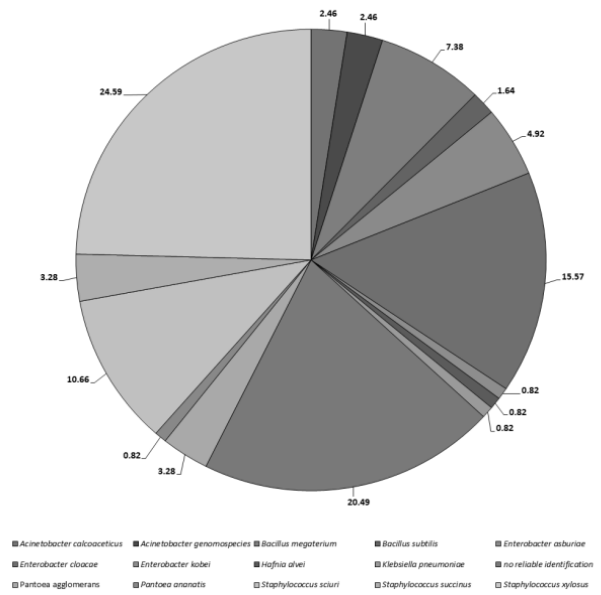


Fig. 1. Microbial flora of naked barley (*Hordeum Vulgare* L.) identified by MALDI-TOF mass spectrometry (n=122).

결과, 가장 우점하는 균종은 *Staphylococcus xylosum* (n=30, 24.59%)로 나타났으며, 정확한 동정이 이루어지지 않는 미지의 균(no reliable identification)들이 두 번째로 많이 존재하였다(n=25, 20.49%). 이 외에도 *Staphylococcus* 속과 *Bacillus* 속의 미생물들이 다수 존재하는 것으로 나타나 자연발효 시 유기산의 생성이 가능한 것으로 사료된다.

Suh et al. (2010)은 우리나라 농경지 토양미생물 분포 조사 결과, *Bacillus*가 10<sup>6</sup> cfu/g 이상으로 다수 존재한다고 보고하였으며, 이 외에도 자연계, 특히 토양에 널리 분포하는 *Acinetobacter* 등이 쌀보리 종실에서 동정되는 등 대다수의 미생물들이 쌀보리가 재배된 농경지 토양으로부터 유래하여 다양한 미생물 분포를 보이는 것으로 사료된다.

### 2. 발효기간 중 쌀보리 종실의 pH 변화

수확된 쌀보리 종실에 생균제를 접종하지 않은 대조구(BC)와 접종한 처리구(BT)의 발효기간 중 pH의 변화는 Table 1과 같다. 발효 개시 후 3일차(4.98 ± 0.00과 5.44 ± 0.02)와 7일차(4.33 ± 0.02와 4.83 ± 0.01)에는 생균제를 접종한 BT의 pH가 BC에 비하여 유의적으로 낮게 나타나 생균제 내 미생물들이 유기산을 다량 생산하여 쌀보리 종실의 pH 저하속도가 빠른 것으로 나타났다. 그러나 발효 후 숙성단계에 접어들면서 28일차 이후에는 pH의 차이가 크게 줄어드는 현상을 보였다. 이는 유산균의 성장이 낮은 pH에

Table 1. Change of pH values of naked barley during fermentation

Treat. / Day	0	3	7	28	42
BC	6.49±0.05 <sup>A</sup>	5.44±0.02 <sup>aB</sup>	4.83±0.01 <sup>aC</sup>	4.14±0.01 <sup>E</sup>	4.55±0.00 <sup>aD</sup>
BT	6.49±0.05 <sup>A</sup>	4.98±0.00 <sup>bB</sup>	4.33±0.02 <sup>bD</sup>	4.14±0.01 <sup>E</sup>	4.41±0.00 <sup>bC</sup>

Values are Mean ± SD.

<sup>a,b</sup> Means in the same column with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

<sup>A-E</sup> Means in the same row with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

의해 제한되어 일정 수준 이하로 생육이 제한되고, 이로 인하여 생산되는 유기산의 양 또한 제한되기 때문에 사료된다.

또한, 발효 28일차 이후부터는 생균제를 접종하지 않은 BC의 pH가 4.5 부근으로 나타나 발효가 이루어졌음을 알 수 있었으며, 이는 비록 속도의 차이는 있으나 앞서 쌀보리 종실로부터 동정된 *Staphylococcus*속과 *Bacillus*속의 미생물들이 유기산을 생산하여 자연발효를 일으키는 것으로 사료된다. Kim et al. (2009)은 미생물 첨가를 통한 총체보리 사일리지 제조 시 미생물의 첨가로 발효가 활발히 일어나 다량의 젖산이 생성되어 pH의 저하가 일어났다고 보고하였으며, 이는 본 연구의 결과와 일치하였다.

발효사료 제조 시 첨가제의 활용은 품질과 사료가치를 개선시키는 요인이 된다. 다양한 발효사료 첨가제 중에서 미생물을 이용한 첨가제가 많이 이용되고 있는데, 이는 처리하기도 쉽고 인체에 무해하며 가격도 저렴한 장점이 있다. 또한 미생물 첨가제의 사용은 발효 초기에 pH의 저하를 촉진시키고 homo형 젖산발효를 일으켜 발효효율을 높이며, 단백질 분해를 감소시켜 (Seale, 1986) 최종적으로 가축의 생산성 향상을 기대할 수 있게 된다 (McDonald and Edwards, 1976). 유산균 첨가제의 처리는 젖산을 다량 생산케 하고, pH를 4.0 부근으로 빠르게 저하시켜 발효사료를

안정시키게 하며, 특히 homo형 미생물의 우점으로 발효과정 동안 건물손실을 줄이고, 젖산 생성이 많아 pH의 감소가 초산이나 에탄올 등이 생성되는 hetero형에 비해 효과적으로 일어나게 된다. 그러나 발효기질이 불충분하면 첨가제의 처리 효과는 낮아지게 된다 (Stockes, 1992).

### 3. 발효기간 중 쌀보리 종실의 미생물 수 변화

쌀보리 종실의 발효기간 중 미생물 수의 변화는 Table 2에 나타난 바와 같다. 발효 7일차까지 BT와 BC 모두 일반세균, 유산균 및 효모의 수가 증가하였으나, 이후 28일과 42일차에는 그 수가 감소하는 경향을 보였다. 또한 전체 발효기간 중에 BC에 비하여 BT에서 일반세균과 유산균 수가 높은 경향을 보였다. 그러나 가장 많은 유산균 수를 보인 발효 7일차에 BT와 BC가 각각  $9.24 \pm 0.20$ 과  $9.01 \pm 0.10$  logCFU/g으로 큰 차이를 보이지 않았으며( $p > 0.05$ ), 이는 쌀보리 종실에 다수의 유산균이 이미 존재하고 있었던 결과에 기인하는 것으로 사료된다. Cai (2005)는 여러 가지 유산균 중에서 *Lactobacillus plantarum*이 사일리지 발효에 가장 큰 효과를 나타낸다고 보고하였으며, 본 시험에 이용된 *췌장미바이오사의* 시판 생균제 또한 *Lactobacillus plantarum*을 함유하고 있어 맥류 종실 발효 시 첨가효과가

Table 2. Change of microbial population of naked barley grain during fermentation (logCFU/g)

	Treat / Day	0	3	7	28	42
Aerobic bacteria	BC	9.38±0.28 <sup>B</sup>	9.07±0.49 <sup>bB</sup>	10.70±0.37 <sup>aA</sup>	8.15±0.12 <sup>C</sup>	7.04±0.26 <sup>D</sup>
	BT	9.38±0.28 <sup>B</sup>	10.08±0.27 <sup>aA</sup>	10.17±0.17 <sup>bA</sup>	8.32±0.28 <sup>C</sup>	7.14±0.19 <sup>D</sup>
Lactic acid bacteria	BC	9.16±0.06 <sup>A</sup>	8.67±0.18 <sup>bB</sup>	9.01±0.10 <sup>AB</sup>	6.77±0.21 <sup>bC</sup>	5.29±0.48 <sup>bD</sup>
	BT	9.16±0.06 <sup>AB</sup>	8.98±0.03 <sup>aB</sup>	9.24±0.20 <sup>A</sup>	7.28±0.06 <sup>aC</sup>	6.67±0.26 <sup>aD</sup>
Yeast	BC	5.96±2.91 <sup>B</sup>	7.32±0.02 <sup>AB</sup>	8.76±0.01 <sup>A</sup>	6.84±0.07 <sup>AB</sup>	7.16±0.33 <sup>AB</sup>
	BT	5.96±2.91 <sup>B</sup>	7.30±0.03 <sup>AB</sup>	8.78±0.10 <sup>A</sup>	6.93±0.03 <sup>AB</sup>	7.36±0.15 <sup>AB</sup>
<i>E. coli</i>	BC	7.54±0.35 <sup>A</sup>	6.64±0.04 <sup>aB</sup>	nd <sup>C</sup>	nd <sup>C</sup>	nd <sup>C</sup>
	BT	7.54±0.35 <sup>A</sup>	6.20±0.13 <sup>bB</sup>	nd <sup>C</sup>	nd <sup>C</sup>	nd <sup>C</sup>

Values are Mean ± SD.

<sup>a,b</sup> Means in the same column with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

<sup>A-E</sup> Means in the same row with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

인정된다.

한편, 발효 전 높은 수준으로 검출되었던 대장균 ( $7.54 \pm 0.35$ )은 발효기간이 증가함에 따라 유의적으로 감소하여, 발효 7일차 이후로는 BT와 BC 모두에서 전혀 검출되지 않아, 발효가 쌀보리 종실의 안전성 증진에 크게 기여하는 것으로 나타났다.

#### IV. 요약

본 시험은 동계작물인 쌀보리의 알곡에 대한 사료로서의 활용도를 제고하고자 미생물 분포를 분석하고, 발효과정 중 이화학적 및 미생물학적 특성의 변화 분석을 통하여 효과적인 발효사료 제조방법을 제시하고자 수행하였다. 즉, 수확된 쌀보리 종실에 시판 생균제를 기준에 맞게 접종한 후 공기와 접촉하지 않도록 밀봉하여 37℃에서 7일간 발효를 통해 쌀보리 종실의 저장성과 안전성을 증진시킬 수 있다.

쌀보리 종실 자체에 *Staphylococcus*속과 *Bacillus*속의 미생물들이 다수 존재하여 자연발효의 가능성이 있음을 보여 주었다. 또한 생균제를 접종하지 않은 쌀보리 종실도 기간이 경과됨에 따라 산도가 저하되고 유산균 수가 증가하여 발효가 이루어지고 있는 것으로 나타났다. 그러나 쌀보리 종실에 생균제를 접종하였을 경우, 발효 7일차에 pH가  $4.33 \pm 0.02$ 로 발효가 더 빨리 진행되었으며, 유산균의 수도 전체 발효기간 동안 미 접종 대조구에 비해 높게 유지되었으나, 효모의 수에 있어서는 차이가 나타나지 않았다. 발효에 의해 쌀보리 종실의 산도가 저하됨에 따라 초기  $10^7$  cfu/g 이상 검출되었던 대장균이 발효 7일차 이후부터는 전혀 검출되지 않아 발효가 쌀보리 종실의 안전성을 유지시키는 데 있어 효과적인 저장방법으로 나타났다.

#### V. 사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 맥류 곡실 발효사료의 양돈 사료화 연구, 세부과제번호: PJ01053103)의 지원에 의해 이루어진 것임

#### VI. REFERENCES

- Anugwa, F.O.I., Varel, V.H., Dickson, J.S., Pond, W.G. and Krook, L.P. 1989. Effects of dietary fiber and protein concentration on growth, feed efficiency, visceral organ weights and large intestine microbial populations of swine. *Journal of Nutrition*. 119: 879-886.
- Cho, M.Z. 1995. Studies on the variation of diet fiber content according to pearling ratio of barley. *Journal of Korean Home Economics Association*. 33:181-186.
- Cho, S.B., Kim, D.W., Yang, S.H., Park, K.H., Choi, D.Y., Yoo, Y.H. and Hwang, O.H. 2012. Establishment of producing condition of fermentation feed for swine. *Journal of Animal Environmental Science*. 18:137-144.
- Chung, Y.K., Chea, B.J., Kim, J.H., Chu, K.S. and Han, I.K. 1998. An evaluation of barely in finisher pig diet for high quality pork production. *Korean Journal of Animal Nutrition and Feedstuffs*. 22:15-20.
- Ghanem, N.B., Yusef, H.H. and Mahrouse, H.K. 2000. Production of *Aspergillus terreus* xylanase in solid-state cultures: application of the Plackett-Burman experimental design to evaluate nutritional requirements. *Bioresource Technology*. 73:113-121.
- Ju, J.I., Lee, K.S., Min, H.I., Lee, B.J., Kwon, B.G., Gu, J.H. and Oh, M.J. 2007. Changes in physicochemical characteristics of green barley according to days after heading. *Korean Journal of Crop Science*. 52:36-44.
- Jung, E.Y., Yum, C.A., Kim, S.K. and Jang, M.S. 1987. The chemical composition of pearled cutted, and pressed barleys. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 19:290-294.
- Kim, H.Y., Chu, G.M., Kim, S.C., Ha, J.H., Kim, J.H., Lee, S.D. and Song, Y.M. 2009. The nutritive value of grains from barley cultivars (Wooho, Youngyang, Yuyeon). *Journal of Agriculture and Life Science*. 46:69-78.
- Kim, J.G., Ham, J.S., Chung, E.S., Park, H.S., Lee, J.K., Jung, M.W., Choi, K.C., Jo, N.C. and Seo, S. 2009. Evaluation of fermentation ability of microbes for whole crop barley silage inoculant. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 29:235-244.
- Lee, Y.T. and Jung, J.Y. 2003. Quality characteristics of barley  $\beta$ -glucan enriched noodles. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 35:405-409.
- Lee, S.W., Ham, S.N., Shin, T.S., Kim, H.K., Yeon, I.J. and Kim, K.Y. 2009. Resource of food waste using indigenous bacteria isolated from soils. *Journal of Korean Society of Environment Engineering*. 31:35-41.
- McDonald, P. and Edwards, P.A. 1976. The influence of conservation methods on digestion and utilization of forages by ruminants. *Proceedings of the Nutrition Society*. 35:201-211.
- Seale, D.R. 1986. Bacterial inoculants as silage additive. *Journal of Applied Bacteriology*. 61:9s-26s.
- Shin, S.O., Yoo, J.S., Lee, J.S., Jang, H.D., Kim, H.J., Chen, Y.J., Cho, J.H. and Kim, I.H. 2008. Effects of high protein diet

- containing barley on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 28:349-354.
- Song, Y.M. and Ha, J.H. 2007. A study on the evaluation of feed value for manufacturing fermentation using feedstuffs. *Journal of Agricultural Technology Research Institute (Jinju National University)* 20:153-162.
- Stockes, M.R. 1992. Effects of an enzyme mixture, an inoculant, and their interaction on silage fermentation and dairy production. *Journal of Dairy Science*. 75:764-773.
- Suh, J.S., Noh, H.J., Kwon, J.S., Weon, H.Y. and Hong, S.Y. 2010. Distribution map of microbial diversity in agricultural land. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 43:995-1001.
- Yun, S.K., Park, T.I., Seo, J.H., Kim, K.H., Song, T.H., Park, K.H. and Han, O.K. 2009. Effect of harvest time and cultivars on forage yield and quality of whole crop barley. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 29:121-128.
- Cai, Y. 2005. Quality improving technique of whole crop silage. *International Symposium Proceedings of Livestock Research Institute on Production and Utilization of Whole Crop Rice* . pp. 103-136.
- Han, M.S. 1987. Study of utilization of local feed resources : effect of domestic barley on carcass characteristics of pig. Thesis for Master Degree, Konkuk University.
- (Received November 26, 2015 / Revised November 30, 2015 / Accepted December 1, 2015)