

# 친환경 양계 기반 마련을 위한 발효사료 최적화 생산기술 개발 및 효과 분석

**박성준\*** / 제주웰빙영농조합 이사

**이욱기** / 제주웰빙영농조합 대표

**임종빈** / 제주대학교 교수

## I. 연구 필요성

우리 1차 산업은 고령화와 인력 부족, 소규모 영세화, 그리고 소비 시장 변화에 적응하지 못하는 어려움 속에서도 이를 극복하기 위한 다양한 노력이 이루어지고 있다. 특히 산란계 농가의 경우, 사육비의 61%를 차지하는 사료비를 절감하고, 친환경 안전식품에 대한 소비자의 인식 및 수요 증가에 대응하며, 사료 내 항생제 사용 금지 등 축산 의약품 규제 강화에 따른 대안을 모색하고 있다. 이에 따라 미생물 제재가 대체 방안 중 하나로 주목받고 있는데, 미생물을 급여하는 방법은 크게 두 가지로 구분되어 진다.

첫 번째 방법은 사료에 직접 첨가하는 방법이며, 대부분 미생물 농도 및 함유량 문제로 인해 제품화된 것을 구매하여 사용한다. 두 번째 방법은 미생물을 이용하여 미강과 당밀 등 주변에서 쉽게 구할 수 있는 자재를 발효시켜 보조사료 형태

---

\* 박성준(jejuwellbeing@hanmail.net): 제주에서 미생물과 새싹보리 사료를 이용하여 건강한 닭을 키우고, 맛있는 계란을 생산하고 있다.

로 활용하는 방식으로, 농가에서 직접 발효해 사용한다. 하지만 최근 농자재 가격의 급등으로 인해 미강과 당밀의 사용이 어려워졌을 뿐만 아니라, 외국산 자재의 무분별한 수입으로 미생물 발효사료의 안전성을 농가에서 확인하기가 어려운 실정이다. 이러한 상황은 미생물 발효사료 생산을 위한 비용 부담을 가중할 뿐만 아니라, 제주와 같은 도서 지역에서는 자재 확보가 더욱 어려워 발효사료 생산을 포기하는 사례도 발생하고 있다. 이에 따라 주변에서 쉽게 구할 수 있는 부재료를 활용한 미생물 배양 및 발효사료 생산 방안을 마련하고, 이렇게 생산한 발효사료를 산란계 급여에 적용한 효과를 분석함으로써 양계 농가의 경영 개선과 친환경 양계 실천 여건 조성에 기여하고자 한다.

## II. 연구방법 및 내용

### 1. 선행연구 검토

유산균은 발효 중 젖산을 생성하여 유해 미생물의 성장을 억제하고, 발효식품의 풍미를 향상시키며, 다양한 생리활성물질 생산하는 것으로 알려져 있다(Ammor M. S. and B. Mayo, 2007). 이러한 미생물의 특성은 반추가축뿐만 아니라, 여러 축종에서도 급여 효과를 보고 있다(국립축산과학원<sup>a</sup>, 2023; 박진성, 2010). 유산균을 배양하기 위해서는 탄소원으로 당을 배지에 첨가해야 하며, 당원으로는 당밀이나 설탕을 사용할 수 있다. 그러나 질소원이 추가로 공급한 배지에서 더 높은 균수가 나타나는 만큼, 미생물을 고농도로 배양하기 위해서는 적절한 질소원 제공이 필요하다(장현우, 2008; 정은지 외, 2012).

국립축산과학원<sup>b</sup>(2023)은 발효사료를 원료사료에 유용미생물을 혼합하여 배양시킨 것이라 정의하면서, 이 과정에서 미생물 수가 많아지고 원료사료가 소화되기 쉬운 상태로 변화한다고 하였다. 닭에게 급여할 목적으로 생균제를 이용한 발효사료를 제조할 때는 ① 1리터의 액상미생물 + 200ml 당밀 + 100kg 농산부산물 + 35리터 물을 준비하여 골고루 잘 섞이게 배합한다(수분 30~40% 수준, 액상미생물은 유

산균제 또는 효모제 등을 포함한 미생물 제재 사용 권고) ② 배합된 농산부산물 발효사료를 비닐봉지에 담아 공기와 햇볕에 노출되지 않게 밀봉한다 ③ 20~30℃의 온도에서 약 5~7일간 발효한다 ④ 발효한 사료를 적당량(급여사료의 1~3%) 급여한다고 하였다(국립축산과학원<sup>c</sup>, 2023).

실험실 조건에서 유산균으로 발효할 경우, 발효가 완료될 때까지 유산균 수가 점차 증가하면서 최종적으로  $10^6 \sim 10^9$  CFU/g 수준이 된다는 보고(김하늘 외, 2013)와 옥수수 사일리지 발효 시 발효 품질을 높이기 위한 유산균의 적정 농도가  $10^4 \sim 10^7$  CFU/g라는 연구결과도 있었다(Bai et al., 2021). 하지만 미생물의 발효(퇴비화) 과정에서 미생물의 농도보다 활성이 더 중요하며, 발효과정에서 나타나는 발열이 미생물의 대사 활동을 보여주는 것으로 미생물의 농도보다 활성이 어느 정도인지 판단하는 것이 더 중요하다는 보고도 있다(Bernal et al., 2009). 또한, 발효사료의 제조 원리 중 가장 중요한 요소는 수분(함수율)이며, 수분이 너무 적으면 미생물의 증식이 완만해지고, 너무 많으면 부패할 위험이 있어 적정 수분의 범위를 사료량의 30~50%로 해야 한다는 보고가 있으며(손찬구 외, 2012), 이와 같은 방법으로 미강 발효사료를 제조하여 급여할 경우, 육계의 체중이 6.7% 증가하였고, 1만 마리 사육 기준으로 연간 약 138만원의 경제적 이익이 발생된다고 하였다(농촌진흥청, 2016). 더불어 효소제와 미생물제재를 첨가하여 급여하여도 육계의 생산성과 도체 성적에 별다른 영향을 주지 못했지만, 장내 미생물과 계분의 악취 발생량을 감소시켰다는 보고도 있다(박철주와 선상수, 2020). 산란계의 경우, 미생물로 발효한 당밀을 사료량의 1% 수준으로 급여할 때, 계란의 생산성에는 영향을 주지 못했지만, 사료섭취량 증가와 난각 두께, 계란의 신선도가 향상된다는 보고(최인학, 2019)와 설탕 시럽을 첨가한 산란계 사료 급여가 생산성 향상에 도움이 없었으나, 미생물 발효에 따른 설탕의 활성이 계란의 구성성분에 영향을 미쳐 신선도를 향상시켰다는 보고(Hussein et al., 2018)가 있었다. 닭의 장내 미생물 군집 구성과 다양성이 영양대사 과정과 밀접하게 연관되어 있으며, 이는 사료 소화율, 영양소 흡수, 에너지 생산 등과 같은 소화 능력에 영향을 미치고, 다양한 메커니즘을 통해 숙주의 에너지 균형에도 영향을 미친다고 하였다(Amoroso et al., 2020).

## 2. 실험설계 및 방법

### 2.1. 미생물 확대 배양 최적화 연구

친환경 농업의 활성화와 농가 경영비 부담 완화를 위해 각 도의 농업기술원과 시·군 농업기술센터에서 농업인들에게 유산균을 비롯한 다양한 유용미생물을 무상 공급하고 있으나, 신청량이 많아 공급을 제한하고 있다. 별도의 추가 구매 없이 무상 공급받은 미생물을 확대 배양하는 방안을 살펴보기 위하여 제주대학교 아열대원예산업연구소에서 다음과 같이 실험하였다.

1L 플라스크에 100℃의 물 800ml씩 넣고, 미생물의 먹이가 되는 배지를 백설탕으로 제조하였다. 각각 배양액 기준 농도는 3%(24g), 5%(40g), 10%(80g)로 조성했다. 용액이 낙하균에 의해 오염이 되지 않도록 플라스크 입구를 막은 상태에서 온도가 39℃ 이하로 떨어질 때, 제주특별자치도농업기술원에서 분양받은 유산균 (*Lactobacillus plantarum*)을 각각 배양액 기준 2%(16ml), 5%(40ml), 10%(80ml)를 접종하고, 알루미늄 호일을 이용하여 플라스크의 입구를 막았다. 미생물 배양은 진탕배양기를 이용해 온도(35℃)와 속도(75rpm)를 유지하며 72시간 동안 진행하였다. 배양기의 공간적 제약으로 인해 실험은 3회로 나누어 3반복으로 수행했다. 유산균의 밀도변화는 분광광도계(Thermo Scientific Inc, MA, USA)를 이용하여 6시간 단위로 측정하였고, 측정값은 SPSS(PASW18, 한글판)를 사용하여 분석하였다.

〈표 2-1〉 유산균 및 설탕 농도에 따른 실험 배치

농도		미생물 (유산균, <i>Lactobacillus plantarum</i> )		
		2%(1)	5%(2)	10%(3)
배양액 (설탕)	3%(A)	A1	A2	A3
	5%(B)	B1	B2	B3
	10%(C)	C1	C2	C3

## 2.2. 사료 발효 최적화 분석

미강을 대신하여 사료를 발효의 소재로 활용할 수 있는지 확인하고, 적정 발효를 위한 미생물(유산균) 투입량을 확인하기 위하여 제주시 한림읍 명월로 282에 위치한 창고에서 300kg 배합기(대동테크 DDK-800F, 경북 경산)<sup>8)</sup>를 이용하여 실험하였다.

산란계 사료는 닭의 성장 단계에 따라 병아리 사료, 육성 사료, 산란 사료로 구분되어 지는데, 발효 정도를 확인하기 위하여 구성성분이 다른 병아리 사료와 산란 사료를 선택하여 발효를 진행하였다. 본 실험에서는 팜스코에서 생산한 병아리 사료와 산란계 사료 2호를 이용하였다. 병아리 사료를 발효하면 닭이 어릴 때부터 급여할 수 있는 장점이 있으며, 산란계 사료 2호는 급여 기간이 가장 길어서 발효사료로 만들어도 일반사료에 섞어서 급여하기가 가장 용이할 것으로 판단하여 2가지 사료를 이용하였다.

예비 실험을 통해 발열을 수반하는 발효과정을 거치기 위해서는 유산균의 농도가 최소 5%가 되어야 하며, 100kg 규모로 혼합되어야 한다는 점을 확인하여 사료 100kg당 유산균을 각각 5%, 10%, 15%, 20% 비율로 접종하였는데, 이때 유산균의 농도는  $10^6$ CFU/ml를 유지하였고, 문헌조사를 통해 확인한 바와 같이 배합 비율에 따라 물을 추가로 공급하여 최종 함수율이 30%가 될 수 있도록 하였다. 배합 전 교반기의 온도는 35℃, 교반시간은 30분으로 하였으며, 7일 동안 데이터로거를 통해 온도변화를 확인하였다.

〈표 2-2〉 사료발효 최적화를 위한 유산균 농도별 처리

사료 \ 유산균 처리	5%(1)	10%(2)	15%(3)	20%(4)
병아리 사료(a)	a1	a2	a3	a4
산란계사료 2호(b)	b1	b2	b3	b4

8) 배합기의 모델이 상이하더라도 대부분의 배합기에 온도 유지와 배합 기능이 기본적으로 갖춰져 있는 만큼, 농가에서 쉽게 재현할 수 있을 것으로 판단했다.

## 2.3. 단기 발효사료 급여 효과 분석

### 2.3.1. 케이지 사육에서 발효사료 급여 효과 분석

발효사료 급여 효과를 분석하기 위하여 7월 26일부터 8월 31일까지 제주시 한림읍에 위치한 케이지 사육농장(4번)에서 하이라인브라운 품종(50~60주령)을 대상으로 4개동을 선정<그림 2-1>하여, 각각 사료량 대비 발효사료 1%, 2%, 3% 비율의 3처리와 일반사료 급여(무처리)로 실험하였다. 발효사료는 산란계 사료 2호를 발효한 사료로 사료 외 사양관리 등 사육조건은 모두 동일하게 진행하였으며, 각 동별 산란률과 난중, 폐사 두수 등은 8월 1일부터 31일까지 한달동안 매일 확인하였다. 추가적으로 사료급여에 따른 생체중 변화를 확인하기 위하여 10월 21일부터 12월 27일까지 10주간 5주령의 중추 30마리를 대상으로 매주 체중을 측정하여 변화를 확인하였다.

<그림 2-1> 케이지 사육농장 급여 실험 배치



### 2.3.2. 평사 사육에서 발효사료 급여 효과 분석

평사 사육형태에서 발효사료 급여 효과를 분석하기 위하여 제주시 애월읍에서 하이라인브라운 품종(29주령)을 평사에서 사육하고 있는 산란계 농장의 2개동을 선정하여, 1개동은 발효사료를 일반사료의 2% 비율로 공급하고, 다른 1개동은 일반사료만 급여하였다<그림 2-2>. 평사 조건에서 4개의 처리가 어려워 케이지 사육형태에서 효과가 가장 높다고 판단된 사료량 2% 처리와 일반사료 급여처리를 하게 되었으며, 사료 외 사양관리는 동일하게 하여 4주간 진행하였다. 실험을 진행함에 따라 산란률과 폐사율, 계란 등급을 매일 조사 하였고, 발효사료 급여에 따라 산란계 및 바닥의 미생

물균이 어떻게 변화하는지 조사하기 위하여 발효사료 급여 전, 닭 20개체의 가슴과 날개, 엉덩이 부분 3개소와 축사의 전방과 중간, 후방의 바닥 3개소를 면봉을 이용하여 각각 2개씩의 샘플을 추출하였으며, 발효사료 급여 후(4주가 경과한 다음) 동일한 방법으로 미생물 샘플을 채취하여 미생물 분석을 의뢰하였다.

〈그림 2-2〉 평사 사육농장 급여 실험 배치



## 2.4. 장기 발효사료 급여 효과 분석

농장에서 장기간 발효사료를 급여하고 이에 대한 효과를 분석하기 위하여 제주시 구좌읍에 위치한 평사 사육 농장 1개소를 선정하여 실험을 진행하였다. 품종은 하이라인브라운(31주령)으로 일반사료 급여와 병아리사료를 발효한 발효사료(사료량 대비 2%)를 급여하는 2처리를 하였다. 급여기간은 10월 1일부터 2월 25일까지 22주간 동안 실시하였고, 발효사료를 제외한 모든 사육 관리는 동일하게 진행하였다. 실험기간 동안 산란률과 폐사율, 계란의 등급을 매일 조사하였다.

〈그림 2-3〉 평사 사육농장 장기 급여 실험 배치



## 2.5. 발효사료 급여에 따른 경제성 평가

발효사료 급여에 따른 농가의 경제적 손익을 조사하기 위하여 발효사료를 급여 할 때, 예상되는 생산 증·감량을 판단하여 경제성 유무를 확인하였다. 생산량 및 품질에 영향을 주는 사항은 ‘2.4. 장기 발효사료 급여 효과 분석’ 결과를 활용하였고, 일반적인 계란 생산량과 가격은 통계청에서 발표한 계란생산비 자료를 토대로 산출하였다.

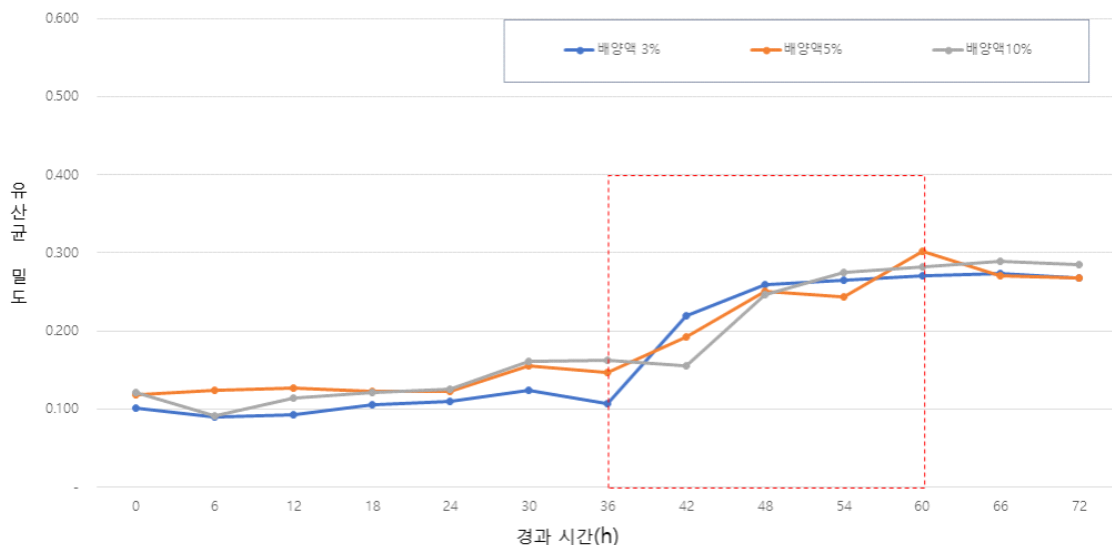
## III. 연구 결과

### 1. 미생물 확대 배양 최적화 연구

유산균 투입량(2%, 5%, 10%) 및 배양액 농도(3%, 5%, 10%)에 따른 유산균의 밀도변화는 <그림 3-1>부터 <그림 3-3>에 나타낸 바와 같다.

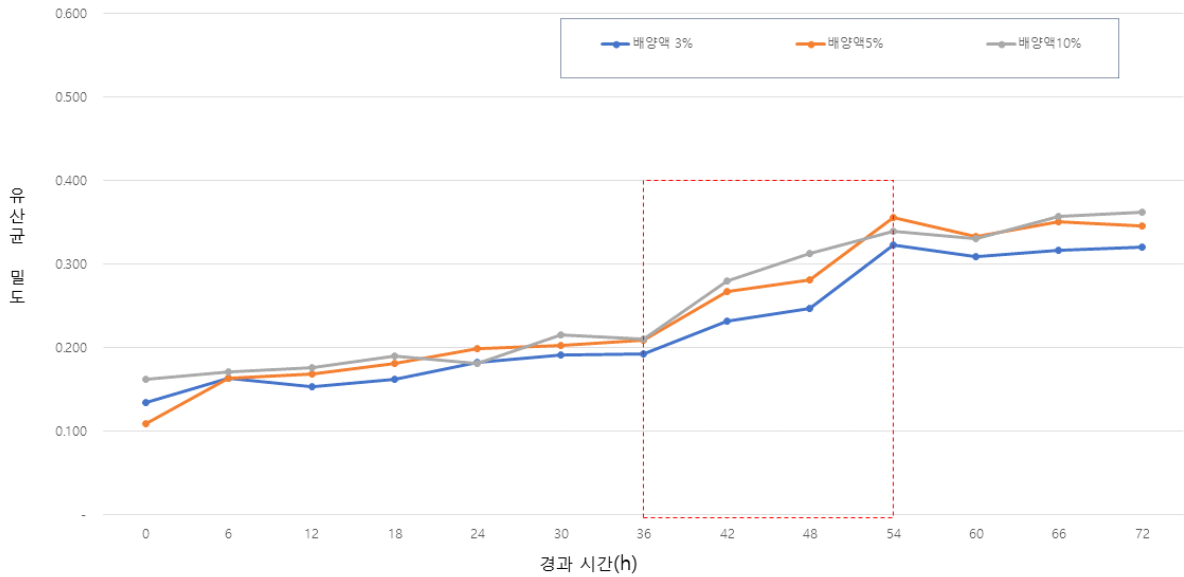
유산균 2%에서는 배양액 농도(3%, 5%, 10%)의 처리에 따라 36시간부터 60시간 까지 증가하는 모습을 볼 수 있으나, 완만하게 증가하는 추세를 보였다.

<그림 3-1> 유산균 2% 투입시 배양액 농도(3%, 5%, 10%)에 따른 밀도 변화



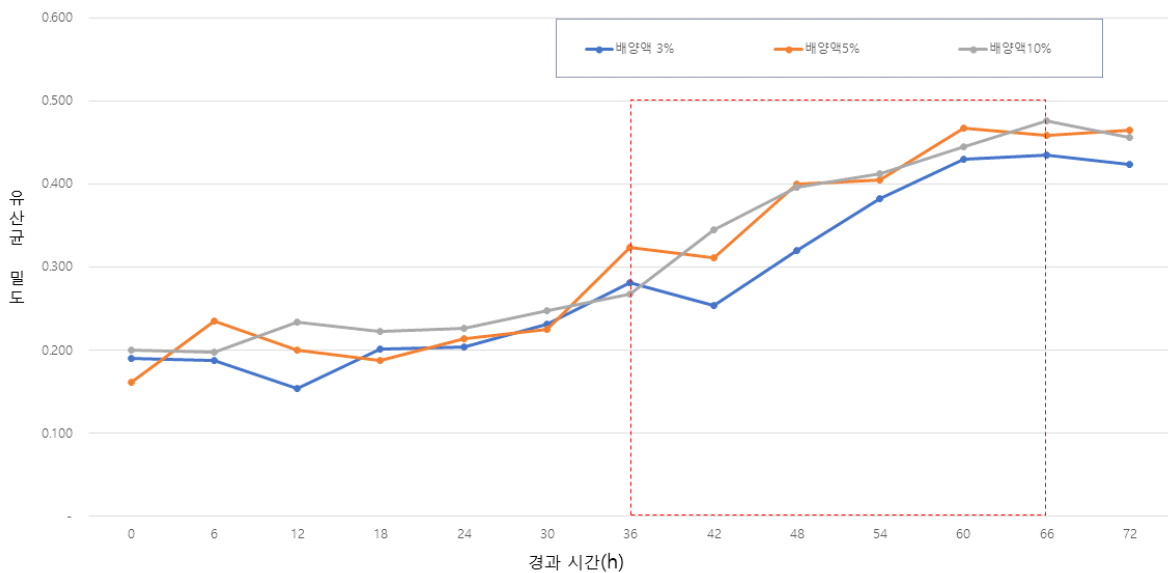
유산균 5%에서는 배양액 농도(3%, 5%, 10%)의 처리에 따라 36시간부터 54시간 까지 증가하고 있는데, 유산균 2%보다 큰 폭으로 증가하고 있으나, 54시간 이후 정체하는 경향을 보였다.

〈그림 3-2〉 유산균 5% 투입시 배양액 농도(3%, 5%, 10%)에 따른 밀도 변화



유산균 10%에서는 배양액 농도(3%, 5%, 10%)의 처리에 따라 36시간부터 64시간까지 증가하는 모습을 보였다.

〈그림 3-3〉 유산균 10% 투입시 배양액 농도(3%, 5%, 10%)에 따른 밀도 변화



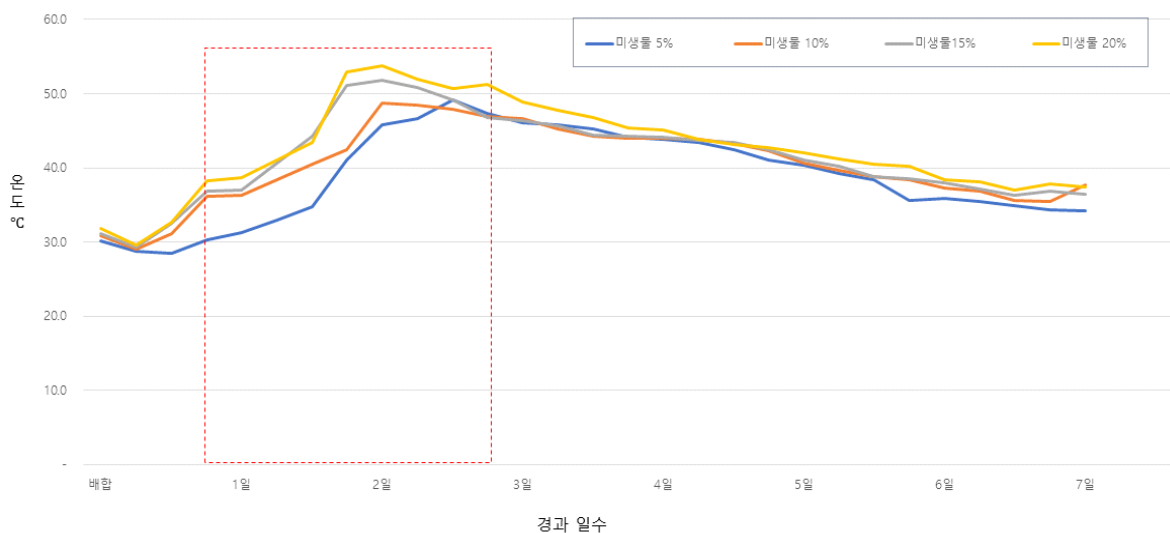
유산균 투입량과 배양액 농도가 증가함에 따라 밀도가 높아지는 경향이 관찰되었으나, 통계적으로 유의미한 결과는 얻지 못했다. 다만, Cayre et al(2003)과 Beales(2004) 등 선행 연구에 따르면 배양액 농도가 높으면 삼투압 스트레스가 증가해 미생물 배양이 저해된다고 보고하고 있는 만큼, 배양액 농도를 10% 미만으로 처리하는 것이 바람직하다고 판단되며, 본 실험에서는 유산균 투입량 10%, 배양액 농도 5% 조건에서 배양하는 것이 최적의 조건이라 볼 수 있다.

## 2. 사료 발효 최적화 분석

미생물 투입에 따른 사료의 발효정도(온도변화)에 대한 결과는 <그림 3-4~3-5>에 나타내었고, 최고 온도 도달시간은 <표 3-1>에 나타냈다.

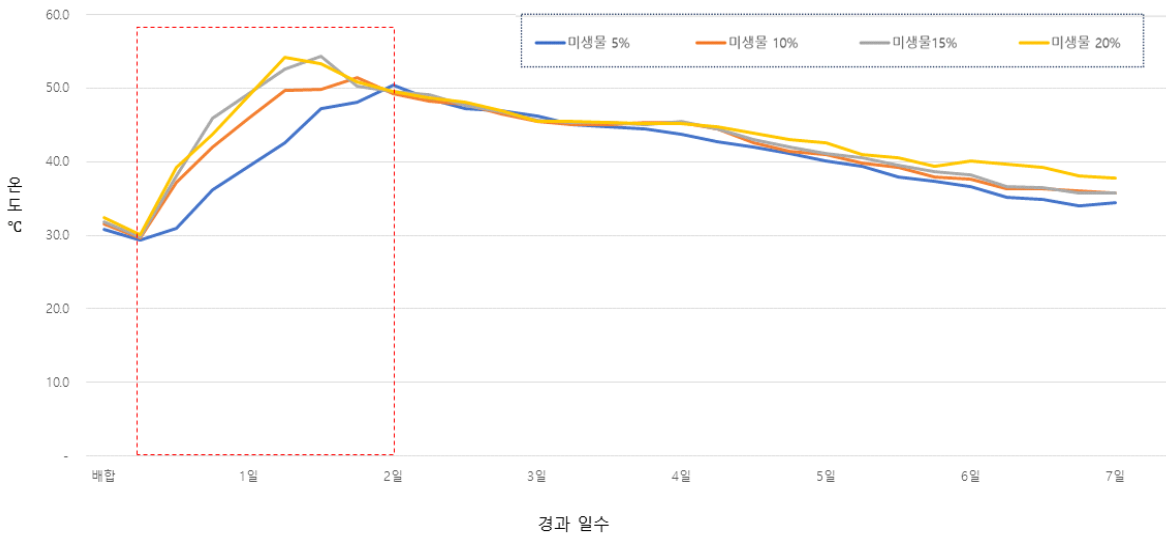
산란계 사료 2호의 경우, 미생물 5% 배합에서는 발효 온도가 24시간 경과 후부터 서서히 상승하였으며, 10%, 15%, 20% 배합에서는 12시간 후부터 온도 상승이 시작되었다. 최고온도에 도달한 시간은 5% 배합이 60시간, 나머지는 모두 48시간이었으며, 배합비율이 높을수록 최고온도가 높게 나타나서 최고온도는 미생물 5%에서 49.2℃, 20%에서 53.8℃로 나타났다.

<그림 3-4> 미생물 투입량에 따른 발효온도 변화(산란계사료 2호)



병아리 사료의 경우, 미생물 5% 배합에서는 발효 온도가 18시간 경과한 후부터 상승하였으며, 10%, 15%, 20% 배합에서는 12시간 후부터 온도 상승이 시작되었다. 최고온도에 도달한 시간은 5% 배합이 48시간, 10%, 15%, 20% 배합에서는 각각 42시간, 36시간, 30시간으로 단축되었다.

〈그림 3-5〉 미생물 투입량에 따른 발효온도 변화(병아리사료)



〈표 3-1〉 미생물 투입량에 따른 배합사료 발효 최고온도 및 도달시간

구분	산란계 사료 2호				병아리 사료			
	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%
최고온도(°C)	49.2	48.8	51.8	53.8	50.5	51.5	54.4	54.5
도달시간 <sup>a</sup>	60	48	48	48	48	42	36	30

a: 시간은 6시간 단위 측정

상기 실험에서 미생물 투입에 따라 발효가 진행되는 시간과 온도의 차이가 발생함을 알 수 있다. 발효 시간을 단축하고 최고온도를 높이기 위해서는 미생물 함량을 10% 이상 투입하는 것이 좋다고 판단 된다. 발효 중에 발생하는 열은 미생물의 활발한 대사 활동의 결과로 미생물 농도가 높더라도 활성이 낮으면 발열이 이뤄지지 않는다는 보고(Bai et al., 2021)를 참고할 때, 사료 발효과정에서 미생물 농도보다 발열이 일어났는지 여부를 판단하는 것이 중요한 확인 사항으로 판단된다.

미생물 5% 배합에서도 발효사료의 온도가 높아졌다는 점은 실험에서 사용된 미생물

의 활성이 높다고 볼 수 있다. 더불어 미생물 농도 측정이 어려운 농가에서 발효과정의 적정성을 살펴보기 위한 지표로 발열 온도의 변화를 확인하는 것을 추천할 수 있을 것이다. 실험에 사용한 산란계 사료와 병아리 사료 간에 발효 시간과 온도 발생에 차이가 발생한 이유는 산란계 사료의 경우, 옥수수를 비롯한 대두 등 곡물 중심으로 알갱이가 커 발효에 시간이 많이 소요된 것으로 판단되며, 병아리 사료는 성장초기 필요한 영양을 쉽게 소화하도록 고운 입자로 구워서 만들어 내는 특성으로 인해 미생물의 발효가 더 빨리 진행된 것으로 보인다.

### 3. 단기 발효사료 급여 효과 분석

#### 3.1. 케이지 사육에서 발효사료 급여 효과 분석

케이지 사육에서 발효사료 급여에 따른 결과는 <표 3-2>와 같다. 일반사료를 급여한 산란계와 발효사료 1%를 급여한 산란계의 폐사두수는 각각 266마리, 250마리로 큰 차이가 없었지만, 발효사료 2%와 발효사료 3%를 급여한 산란계의 폐사두수가 각각 109마리, 115마리로 감소했으며, 산란률은 일반사료 급여 산란계가 75%인데 반해, 발효사료 1%와 2%, 3% 급여 산란계에서 각각 81.6%, 89.9%, 85.5%로 높게 나타났는데, 발효사료 2%를 급여한 산란계에서 폐사두수가 가장 적고(109마리), 산란률은 가장 높은 것(89.9%)으로 나타났다.

특히, 본 실험이 진행된 8월은 고온으로 인해 평소보다 폐사 발생이 많고, 산란률이 떨어졌던 점을 감안한다면, 발효사료를 급여하는 것이 생육과 산란률에 긍정적인 영향을 줄 것으로 기대할 수 있었다.

〈표 3-2〉 일반사료 급여 및 발효사료 급여에 따른 결과

(단위: 마리, %)

구 분		일반사료	발효사료 1%	발효사료 2%	발효사료 3%
사육두수		20,840	21,836	21,697	18,134
폐사두수		266	250	109	115
현재두수		20,574	21,586	21,588	18,019
산란률(%)		75.0	81.6	<b>89.9</b>	85.7
계 란 등 급 ( %) ( %)	왕란(68g 이상)	9.7	34.2	10.5	12.9
	특란(60~67g)	42.3	53.2	49.4	48.4
	대란(52~59g)	40.7	9.6	36.6	34.1
	중란(44~51g)	4.5	0.2	1.7	2.1
	소란(43g 이하)	0.1	1.5	0.1	0.1
	난각색 이상(異常)란	1.6	0.4	1.0	1.5
	파각(破殼)란	1.0	0.8	0.6	0.9
	합 계	100.0	100.0	100.0	100.0

일반사료 급여 및 발효사료 급여에 따른 체중변화를 〈표 3-3〉에서 살펴보면, 일반사료 급여구는 급여 1주 평균체중이 401g에서 10주 1,354g으로 953g 증가한 반면, 발효사료 1%는 394g에서 1,348g으로 발효사료 2%는 391g에서 1,485g, 발효사료 3%는 389g에서 1,442g으로 각각 954g, 1,094g, 1,053g 증가하면서, 발효사료 2%에서 생체중이 가장 많이 증가하였다. 균일도 평균은 일반사료, 발효사료 1%, 2%, 3%에서 각각 86.9%, 89.0%, 87.8%, 86.4%로 발효사료 1%가 균일도가 가장 높았고, 발효사료 3%의 균일도가 낮았다. 농촌진흥청(2016)에서 미생물 발효사료가 닭(육계)의 생체중이 증가했다는 보고와 같이 산란계의 생체중을 증가시키는 데 도움을 준 것으로 판단된다.

〈표 3-3〉 일반사료 급여 및 발효사료 급여에 따른 체중 변화

(단위: g, %)

구 분	일반사료		발효사료 1%		발효사료 2%		발효사료 3%	
	평균 체중	균일도	평균 체중	균일도	평균 체중	균일도	평균 체중	균일도
1주(a)	401	84.3	394	89.1	391	87.7	389	85.7
2주	470	85.2	475	88.1	501	83.4	442	87.8
3주	581	85.1	571	87.8	625	86.9	587	87.7
4주	680	86.0	688	89.6	767	87.2	688	86.4
5주	778	86.7	792	89.1	881	87.7	790	87.2
6주	884	86.1	883	89.2	1,052	87.5	1,007	86.5
7주	1,007	88.2	1,002	88.7	1,219	88.5	1,205	86.2
8주	1,113	89.3	1,145	89.5	1,361	89.6	1,277	86.3
9주	1,278	88.4	1,280	90.1	1,419	90.3	1,368	85.1
10주(b)	1,354	89.5	1,348	89.1	1,485	89.4	1,442	85.0
b-a(평균)	953	(86.9)	954	(89.0)	1,094	(87.8)	1,053	(86.4)

### 3.2. 평사 사육에서 발효사료 급여 효과 분석

평사 사육 형태에서 일반사료와 발효사료(2%) 급여에 따른 계란 생산 결과는 〈표 3-4〉에서 보는 바와 같다. 일반사료를 급여한 산란계와 발효사료 2%를 급여한 산란계의 폐사두수는 각각 20마리, 22마리로 큰 차이가 없었다. 산란률은 일반사료 급여 산란계는 86.4%, 발효사료 2% 급여 산란계는 87.2%로 0.8%p 더 높은 수준이었으며, 상품으로 출하하기 어려운 난각색 이상란과 파각란 발생률이 각각 0.7%, 2.7%로 일반사료보다 각각 1.2%p, 0.3%p 적게 발생하는 것으로 나타났다.

〈표 3-4〉 평사에서 일반사료와 및 발효사료 급여에 따른 계란 생산 비교

(단위: 마리, %)

구 분		일반사료 (A)	발효사료(2%) (B)	차이 (A-B)
사육두수(29주령)		4,462	4,508	△46
폐사두수(폐사율 %)		20(0.45)	22(0.49)	△2(0.04)
생존두수(33주령)		4,442	4,486	△44
누적 산란률		86.4	87.2	△0.8
생 산 ( %)	유정란(67g 이하)	95.1	96.5	△1.4
	유정왕란(68g 이상)	0.1	0.1	0
	난각색 이상(異常)란	1.9	0.7	1.2
	파각(破殼)란	3.0	2.7	0.3
	합 계	100.0	100.0	0

발효사료 급여 전, 산란계 및 농장 바닥에서 채취한 시료에서 분석한 미생물의 결과는 〈표 3-5〉와 같다. 비중이 높은 상위 8개의 미생물 중 산란계의 건강에 유익하다고 판단되는 미생물이 2종(*Lactobacillus*, *Lactobacillus gallinarum*), 잠재적으로 유해성을 갖고 있는 미생물이 2종(*Peptoniphilaceae*, *Anaerococcus prevotii*), 미확인이 4종(*Atopostipes suicloacalis*, *Romboutsia timonensis*, *Salinicoccus*, *Yaniella*)이었다.

발효사료 급여 후, 동일하게 채취한 시료에서 분석한 미생물의 결과는 〈표 3-6〉와 같다. 비중이 높은 상위 8개의 미생물 중 산란계의 건강에 유익하다고 판단되는 미생물이 4종(*Lactobacillus*, *Lactobacillus gallinarum*, *Limosilactobacillus reuteri*, *Lactobacillus acidophilus*), 잠재적으로 유해성을 갖고 있는 미생물이 2종(*Brachybacterium faecium*, *Mammaliicoccus sciuri*), 미확인이 2종(*Atopostipes suicloacalis*, *Romboutsia timonensis*)으로 건강에 유익하다고 알려진 미생물이 발효사료 급여 전 2종에서 발효사료 급여 후 4종으로 변화한 것을 확인할 수 있었다.

〈표 3-5〉 발효사료 급여 전 산란계 및 축사 바닥 채취 주요 미생물 분석 결과

미생물	미생물 채취(%)				유해성 여부			
	닭 I	닭 II	바닥 I	바닥 II	유익	유해	잠재적 유해	미확인
<i>Atopostipes suicloacalis</i>	21.7	19.9	1.0	1.0				●
<i>Romboutsia timonensis</i>	7.7	5.8	8.2	9.5				●
<i>Salinicoccus</i>	0.7	0.7	10.3	10.4				●
<i>Lactobacillus</i>	5.9	3.6	9.2	5.7	●			
<i>Peptoniphilaceae</i>	10.1	17.5	0.6	0.9			●	
<i>Yaniella</i>	1.6	1.6	5.1	3.8				●
<i>Lactobacillus gallinarum</i>	1.9	1.1	3.4	2.8	●			
<i>Anaerococcus prevotii</i>	4.2	6.2	0.4	0.5			●	

〈표 3-6〉 발효사료 급여 후 산란계 및 축사 바닥 채취 주요 미생물 분석 결과

미생물	미생물 채취(%)				유해성 여부			
	닭 I	닭 II	바닥 I	바닥 II	유익	유해	잠재적 유해	미확인
<i>Atopostipes suicloacalis</i>	15.5	11.4	0	0.2				●
<i>Romboutsia timonensis</i>	5.6	2.5	6.7	7.4				●
<i>Lactobacillus</i>	4.9	5.6	6.7	7.6	●			
<i>Lactobacillus gallinarum</i>	4.3	2.8	4.2	5.9	●			
<i>Brachy bacterium faecium</i>	5.1	6.7	0.1	0.3			●	
<i>Limosilactobacillus reuteri</i>	8.3	4.2	11.2	8.3	●			
<i>Mammaliicoccus sciuri</i>	0.1	0.2	5.3	2.1			●	
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	4.3	5.4	2.1	1.7	●			

#### 4. 장기 발효사료 급여 효과 분석

발효사료 급여의 증장기 효과를 살펴보기 위하여 22주간 일반사료와 발효사료를 급여하여 계란 생산을 분석한 결과는 〈표 3-7〉과 같다. 발효사료 급여 시 일반

사료보다 폐사 두수에서는 큰 차이가 없었지만, 누적 산란률이 2.4%p 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 또한 파각란이 0.6%p 감소하는 반면, 난각색 이상란은 1.1%p 증가하는 것으로 나타났다.

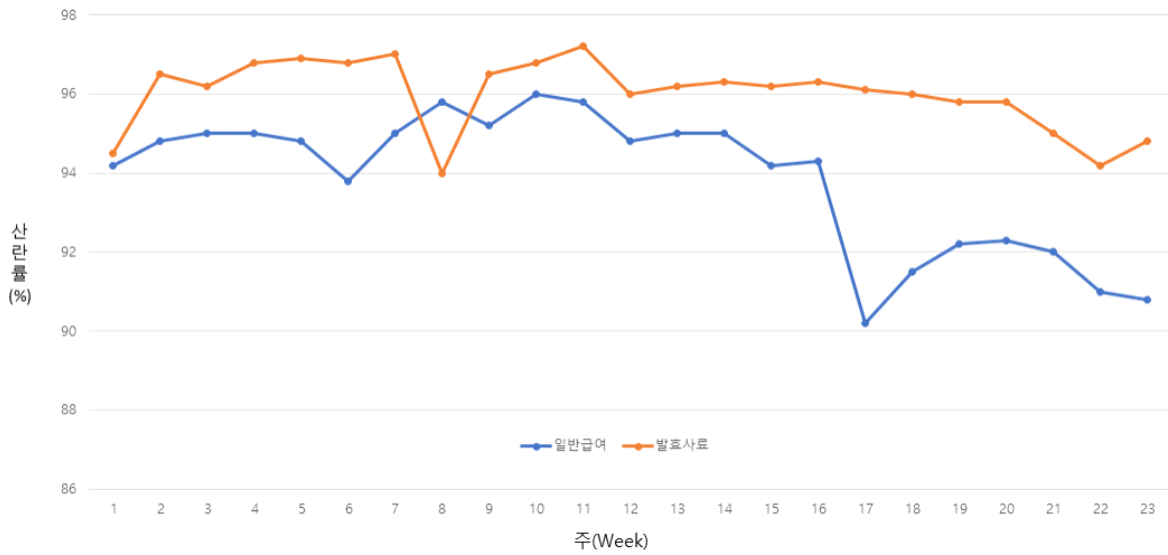
〈표 3-7〉 장기간 평사에서 일반사료와 발효사료 급여에 따른 계란 생산 비교

(단위: 마리, %)

구 분		일반사료 (A)	발효사료(2%) (B)	차이 (A-B)
사육두수(31주령)		2,663	2,631	32
폐사두수(%)		49(1.84)	46(1.75)	3(0.09)
생존두수(53주령)		2,614	2,585	29
누적 산란률(%)		93.5	95.9	△2.4
생 산 ( %)	유정란(67g 이하)	97.0	95.6	1.4
	유정왕란(68g 이상)	0.2	1.1	△0.9
	난각색 이상(異常)란	0.6	1.7	△1.1
	파각(破殼)란	2.2	1.6	0.6
	합 계	100.0	100.0	0

특히, 주당 산란률 변화를 나타낸 〈그림 3-6〉를 살펴보면, 16주 이후부터 발효사료와 일반사료 급여에 따른 차이가 급격하게 발생하고 있는 것을 확인할 수 있다. 단기간 발효사료 급여 결과를 나타낸 〈표 3-4〉와 비교해 보면, 단기간 발효사료를 급여할 경우 일반사료 급여보다 폐사 두수가 2마리 더 많았지만, 발효사료를 장기간 급여 한 경우 일반사료 급여보다 폐사두수가 3마리 더 감소하였고, 누적 산란률은 단기간 발효사료를 급여할 때, 일반사료 급여보다 0.8%p 높았던 것이 장기간 급여 시 2.4%p로 그 폭이 더 커지는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 발효사료의 장기간 급여는 일반사료 급여를 할 때보다 산란률이 높고, 파각란을 줄여주는 효과를 기대할 수 있어서 농가 소득 증대를 예상할 수 있으며, 최소 16주 이상 급여하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

〈그림 3-6〉 장기 사료 급여에 따른 주당 산란률 변화



## 5. 발효사료 급여에 따른 경제성 평가

발효사료 급여에 따른 경제적 손익을 평가하기 위하여 〈표 3-7〉에서 나타난 산란성적인 산란률 증가 및 파각란 감소를 2024년 기준 통계청에서 발표한 계란 생산비에 적용하여 다음과 같이 산출하였다.

〈표 3-8〉 발효사료 급여에 따른 경제적 손익

항목	산출식 및 설명
① 산란률 증가에 따른 생산 증가	$300\text{개}^a \times 2.4\% = 7.2\text{개/마리}$
② 파각란 감소에 따른 상품 증가	$(300^a + 7.2)\text{개} \times 0.6\% = 1.85\text{개/마리}$
③ 총 계란 증가량	$7.2\text{개} + 1.85\text{개} = 9.05\text{개/마리}$
④ 총 수입 증가액(1000마리)	$9.05\text{개} \times 163.5\text{원}^b = 1,480\text{원/마리}$

a: 산란계 마리당 연간 계란생산량(통계청, 2024)

b: 계란 1개당 산지가격(원/특란): 163.5원(통계청, 2024)

산출 결과 1,000수의 사육규모에 발효사료를 급여할 경우, 연간 9,050개의 계란을 추가적으로 판매할 수 있으며, 이것을 판매가격으로 환산하면 1,479,675원의 추가적인 수익을 기대할 수 있다. 이에 반해 소요비용은 발효사료 제조를 위한 설탕 5kg(1,000수 기준) 및 인건비, 그리고 광열비 일부가 소요되므로 작은 수준이다.

### III. 결론

본 연구는 발효사료 제조에 대한 농가 부담을 손쉬운 방안으로 대체해 보고자 미강 대신 농장에서 쉽게 구할 수 있는 무상 공급 미생물과 급여 사료, 설탕을 이용하여 실험을 진행했다. 미생물 확대 배양과 사료 발효 제조, 급여를 수행하였고, 다음과 같은 결과를 도출할 수 있었다.

발효에 필요한 미생물은 무상 공급되는 유산균을 10%, 미생물을 키우는 배지는 설탕으로 하여 배양액의 5%를 첨가하고, 30~40℃ 온도에서 2~3일간 배양함으로써 농가에서 필요한 양을 충분히 확보할 수 있었다. 발효에 필요한 사료는 병아리사료와 산란계사료 모두 사용할 수 있는데, 사료량 대비 미생물 15~20%와 물 15~10%를 잘 섞어주고(물과 미생물의 합이 사료량의 30%가 되어야 함), 온도가 유지되는 배합기(30℃)나, 배합기가 없는 경우 부직포 등으로 밀봉하여 따뜻하게 온도를 유지해 주면, 48시간 전·후로 내부 온도가 50℃까지 올랐다가 내려가면서 발효가 완료된다.

발효사료의 급여량은 사료급여량의 1~3%까지 효과를 기대할 수 있는데, 일반사료를 급여할 때 보다 생체중과 산란률이 모두 증가하는 것으로 나타나고 있다. 케이지에서 산란계의 생체중은 ‘발효사료 2%(1,485g) > 발효사료 3%(1,442g) > 일반사료(1,354g) > 발효사료 1%(1,348g)’ 순으로 나타났으며, 산란률은 ‘발효사료 2%(89.9%) > 발효사료 3%(85.7%) > 발효사료 1%(81.6%) > 일반사료(75%)’ 순으로 발효사료 급여는 2% 수준이 가장 적합한 것으로 판단된다. 평사에서 누적산란률은 4주간 급여실험을 한 결과, 발효사료 2%(87.2%) > 일반사료(86.4%)로 0.8%p 차이가 발생했는데, 22주간 급여 시, 발효사료 2%(95.9%) > 일반사료(93.5%)로 2.4%p 차이가 발생하면서 급여 기간이 길어질수록 발효사료 2%로 급여하는 것이 누적산란률이 높아지는 것으로 나타났다.

산란계 및 농장 바닥에서 채취한 미생물 중 비중이 높은 상위 8개의 미생물을 확인한 결과, 산란계의 건강에 유익하다고 판단되는 미생물은 발효사료 급여 전 2종(*Lactobacillus*, *Lactobacillus gallinarum*)이었으나, 급여 후 4종(*Lactobacillus*, *Lactobacillus gallinarum*, *Limosilactobacillus reuteri*, *Lactobacillus acidophilus*)으로 변화하면서 유해한 미생물의 비중이 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

결론적으로 미생물 발효사료 급여는 닭의 체중 증가와 산란률 증가, 산란계 사육 환경의 미생물군 개선이라는 장점을 기대할 수 있으며, 산란계 1,000수 기준으로 연간 약 150만 원의 추가 수익을 기대할 수 있는 것으로 나타났다.

## IV. 참고문헌

- 국립축산과학원<sup>a</sup>. (2023). “반추가축 발효사료 급여 효과 구명을 통한 현장 활용도 증진 연구.” 농촌진흥청.
- 국립축산과학원<sup>b</sup>. (2023). “축산현장 애로기술 해결을 위한 닭기르기 100문 100답.” 농촌진흥청, 71.
- 국립축산과학원<sup>c</sup>. (2023). “한우 100문 100답.” 농촌진흥청, 69.
- 김하늘 외 5명. (2013). “사료의 발효가 영양성분 및 반추위 in vitro 발효에 미치는 영향.” 『한국산학기술학회논문지』, 14(11), 29-36.
- 농촌진흥청. (2016). “미강 발효사료로 닭을 건강하게.” 『대한민국 정책브리핑』.  
<https://korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156105556&form>
- 박진성. (2010). “축산농가의 미생물제제 이용실태에 관한 연구.” 건국대학교 석사학위논문, 57.
- 박철주, 선상수. (2020). “효소제와 미생물제제의 첨가 급여가 육계의 생산성, 도체성적, 장내 미생물 및 계분 악취에 미치는 영향.” 『한국가금학회지』, 47(4), 275-283.
- 손찬구 외 3명. (2012). “유용미생물 발효사료 급여를 통한 한우 증체기술 개발.” 농촌진흥청.
- 장현우. (2008). “당밀 배지를 이용한 미생물 발효사료 개발에 관한 연구.” 전북대학교 석사학위논문.
- 정은지 외 7명. (2012). “식물성 배지에서 *Lactobacillus plantarum*의 배양을 위한 배지 최적화.” 『The Korean Society for Biotechnology and Bioengineering Journal』, 27(6), 347-351.
- 최인학. (2019). “미생물 발효 당밀을 산란계 사료에 첨가 시 계란생산성과 특성에 미치는 영향에 관한 연구.” 『Journal of Environmental Science International』, 28(1), 159-162.
- 통계청. (2025). “2024년 축산물생산비조사 결과.”

- Ammor M. S. and B. Mayo. 2007. "Selection Criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production" 『Meat Sci』16: 138-1462.
- Amoroso C., Perillo F., Strati F., Fantini M., Caprioli F., Facciotti F. 2020. "The role of gut microbiota biomodulators on mucosal immunity and intestinal inflammation" 『Cells』 9(5): 1234.
- Bai, J., Hao, L., Wnag, S., Cui, Z., Liu, S., Zang, Q. 2021. "Potential of Lactic Acid Bacteria Isolated From Different Forages as Silage Inoculants for Improving Fermentation Quality and Aerobic Stability" 『Frontiers in Microbiology』12: 70-78.
- Beales, N. 2004. "Adaptation of microorganisms to cold temperatures, weak acid preservatives, low pH, and osmotic stress" 『Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety』3(1): 1-20.
- Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., Moral, R. 2009. "Composting of animal manures" 『Bioresource Technology』100(22): 5444-5453.
- Cayre, M. E., Vignolo, G. M., Garro, O. A. 2003. "Effect of past-like products and starter culture on the growth of *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in a model vegetable juice" 『Food Microbiology』 20(3): 271-278.
- Hussein A. S., Ayoub M. A., Elhwetiy A. Y., Ghurair J. A., Sulaiman M., Habib H. M. 2018. "Effect of dietary inclusion of sugar syrup on production performance, egg quality and blood biochemical parameters in laying hens" 『Anim. Nutri』4: 59-64.

## 부록

### 1. 미생물 간이배양기 제작 방안

미생물의 기본 특성과 배양기 조건을 충족한다면 미생물 배양은 그리 어려운 과정이 아니다. 미생물은 산소 요구도에 따라 호기성, 혐기성, 통성 미생물로 구분되며, 이 중 호기성과 혐기성 여부에 따라 배양기의 공기 유입 방식만 달라질 뿐, 그 외의 배양 조건은 대체로 유사하다.

일반 농가에서는 일명 '돼지꼬리'로 불리는 전기 가열봉을 활용한 간이 배양기가 널리 사용된다. 제작이 간편하고 비용 부담이 적다는 장점이 있으나, 가열봉이 미생물액과 직접 접촉해 생균수가 감소할 수 있고, 플라스틱 용기를 사용할 경우 고온 살균이 어렵다는 한계가 있다. 또한 배지나 이물질이 가열봉에 쉽게 고착되어 고장이 잦으며, 화재 위험성 역시 존재한다.

본 연구에서는 유산균(혐기성) 배양을 위한 배양기를 직접 제작하면서 다양한 열원을 검토하였고, 그 대안으로 시판 전기물통을 개조한 배양기를 활용하였다. 전기물통은 구조가 단순하면서도 안정성과 내구성을 확보할 수 있어, 고가의 배양기 구매가 부담되는 농가에 현실적인 대안으로 활용 가능하다.

미생물 배양기가 갖추어야 할 요건은 다음과 같다.

- ① 외부 미생물로부터 오염되지 않을 것
- ② 배양 용기 및 배지를 100~120℃에서 살균할 수 있을 것
- ③ 미생물 생육에 적합한 30~40℃의 일정 온도를 유지할 것
- ④ 배지와 미생물을 충분히 혼합할 수 있는 교반 기능을 갖출 것
- ⑤ 미생물 특성에 따라 빛 또는 공기 공급이 가능할 것

일반 농가에서는 이러한 조건을 충족하기 위해 적정 용량의 플라스틱 용기를 선택하여 개폐가 쉬운 뚜껑을 설치하고, 온도 유지를 위해 돼지꼬리 가열봉을 사용한다. 교반 기능은 미생물 특성에 따라 달라지며, 호기성 미생물에는 어류용 산소공급기, 혐기성 미생물에는 감속모터 기반의 스크류 교반장치를 사용하는 등 현장 상황에 맞춘 장비가 활용되고 있다.

전기물통은 6호(6L)에서 150호(150L)까지 다양한 용량이 있으며, 보온 성능이 우수하고 세척이 용이하여 계절에 관계없이 안정적인 배양에 유리하다. 본 연구에서 전기물통을 이용해 제작한 배양기 역시 일부 단점은 있었으나, 전반적으로 안정성·편의성·효율성 측면에서 만족스러운 성능을 확인하였다.

〈부표1〉 전기물통 간이배양기 장단점

장점	단점
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제작 용이</li> <li>○ 온도 관리 편리</li> <li>○ 살균 효과 우수</li> <li>○ 이물질 고착 청소 편이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 용량 증가 시, 용기 비용 증대</li> <li>○ 고온살균 후 접종온도(39℃ 이하)까지 온도 하강에 장시간 소요</li> <li>○ 고온에서 배지 투입 시, 화상 위험 존재</li> </ul>

전기물통을 이용한 미생물 간이배양기 제작 과정은 다음과 같다.

**준비물**

전기물통, 감속모터, 교반기, 타이머콘센트, 앵글, 판자

**제작과정**

- ① 앵글을 사용하여 배양기 틀을 제작한다.
- ② 전기물통 뚜껑에 교반기 날(10mm)이 통과할 수 있는 구멍을 뚫는다.
- ③ 구멍을 이용하여 교반기 날과 감속기를 연결한다.
- ④ 교반기 전원은 타이머 콘센트에 연결하여 1일 4~8회 작동하도록 설정한다.



① 앵글 제작



② 교반기 날 구멍 뚫기



③ 감속기 연결



④ 전원 연결하기

배양기 조립이 완료되면, 미생물 배양 하루 전날 물을 100~120℃까지 끓여 살균해 주고, 설탕 등 미생물 배지를 녹인 후, 미생물 배양이 가능한 39℃ 이하에서 미생물을 접종한 다음, 교반기의 전원을 연결하여 배양하면 된다.

## 2. 미생물 발효사료 제조 시 주의 사항 및 배양방안

미생물 발효사료의 제조 과정은 비교적 단순하여 큰 어려움 없이 수행할 수 있다. 그러나 몇 가지 주의해야 할 사항이 있으며, 특히 배합기의 철저한 세척이 매우 중요하다. 겨울철에는 문제가 없었으나, 여름철에는 세척이 조금만 미흡해도 다음 날 곰팡이가 발생하였다. 세척을 잘했다고 생각하더라도, 배합기 날과 베어링 연결 부위는 오염이 쉽게 발생하므로 잔여 물질을 꼼꼼히 제거해야 한다.

또한 발효과정에서 발생하는 발효열로 인해 배합기 내부에 이슬이 맺히고, 이 물방울이 사료 위에 떨어지면 해당 부위에서 오염이 빠르게 진행된다. 이를 방지하려면 배합기 내부에 환풍기를 설치해 지속적으로 공기를 순환시키거나, 하루 2~3회 뚜껑을 열어 환기하는 방법이 효과적이다. 이슬로 인해 오염된 부분만 제거하면 급여에는 큰 문제가 없었지만, 오염된 사료를 급여하는 것은 차라리 급여하지 않는 것보다도 더 해로울 수 있다는 점을 항상 인지해야 한다.

유산균 배양의 주요 영양원은 당(糖)이다. 본 연구에서 설탕만으로도 발효할 수 있었던 이유도 여기에 있다. 다만 기존 연구자료나 문헌과 비교했을 때, 설탕만 사용한 경우 유산균 배양과 사료 발효에 시간이 더 소요되었다. 발효 시간을 단축하거나 높은 농도의 유산균을 배양하고자 할 경우, 분유 또는 아미노산을 포함한 MSG(예: 다시다 등 분말 혼합조미료)를 첨가하는 것이 도움이 된다. 설탕 5%에 분유 또는 MSG 2~3%를 혼합하면 유산균의 생육 속도와 밀도가 모두 증가하였다.

종균 자체의 생균수도 발효 품질에 중요한 요소이지만, 배지를 적절히 보충해 주면 배양 기간이 단축되고 발효 속도도 빨라지는 효과가 있었다. 따라서 제조 목적과 편의에 따라 배지 선택을 조절하는 것을 추천한다.

### 3. 유산균과 사료를 이용한 산란계 발효사료 만들기

#### 1단계: 유산균 확대배양

---

##### 준비물(10리터 기준)

(필수) 물 10리터, 설탕 500g (종이컵 약 2.5컵), 유산균 1리터

(선택) 유산균 먹이: MSG(미원 등) 또는 분유 200g(종이컵 약 1.5컵)

##### 만드는 순서

##### ① 소독 및 배지 준비

- 배양기에 물 10L를 넣고 끓여 소독한 뒤, 설탕 500g을 넣어 완전히 녹인다.

(선택 재료인 MSG 또는 분유를 함께 넣으면 더욱 좋다.)

##### ② 온도 조절 → 유산균 접종

- 설탕물을 35~39℃, 즉 사람 체온 정도로 식힌다.

※ 주의: 온도가 너무 높으면 유산균이 사멸할 수 있으므로 반드시 온도를 확인한다.

- 적정 온도가 되면 준비한 유산균 1L를 넣고 잘 저어준다.

##### ③ 따뜻한 환경에서 배양하기

- 배양기 온도를 약 35℃로 설정한 뒤 72시간(3일) 동안 배양한다.

##### ④ 배양 완료 확인 및 보관

- 3일 후 뚜껑을 열었을 때 막걸리처럼 달콤새콤한 향이 나면 배양이 잘 된 것이다.

- 완성된 유산균은 깨끗한 용기에 옮겨 10℃ 이하에서 냉장 보관한다.

##### ⑤ 실패 신호

- 불쾌한 냄새가 나면 부패한 것이므로 아깝더라도 사용하지 말고 폐기한다.

##### ⑥ 사용 기한

- 냉장보관한 유산균은 1개월 이내 사용할 때 효능이 가장 좋다

(최대 2개월까지 보관이 가능)

---

## 2단계: 유산균 발효사료 만들기

---

### 준비물(사료 100kg 기준)

(필수) 사료 100kg(병아리 사료 또는 산란계 사료), 유산균 5~10ℓ, 깨끗한 물(수돗물은 하루 받아 두었다가 사용, 배합기(배합기가 없으면 김장 비닐이나 톤백(Ton-bag) 등 활용)  
(선택) 탐침형 온도계

### 만드는 순서

#### ① 적정 비율 맞추기

- 사료 발효의 핵심은 유산균과 물의 배합 비율을 정확히 맞추는 것이다.

: 병아리 사료 100kg 기준: 유산균 5L + 물 25L = 총 30L

: 산란계 사료 100kg 기준: 유산균 10L + 물 20L = 총 30L

Tip: 유산균이 넉넉하면 물 양을 줄이고 유산균 양을 늘려 총량 30L를 맞추면 발효 속도가 더 빨라진다.

#### ② 균일하게 섞기

- 배합기에 사료를 넣은 뒤 준비한 유산균수를 조금씩 부어가며 뭉침 없이 고르게 섞는다.

- 수분 확인법: 사료를 한 줌 쥐고 짤 때 손에 물이 살짝 비칠 정도면 적정 수분이다.

#### ③ 산소 차단하여 밀봉하기

- 발효가 잘 이루어지도록 공기가 들어가지 않게 하는 것이 중요하다.

- 배합기 뚜껑을 단단히 닫거나, 김장비닐·톤백의 경우 공기를 최대한 빼고 묶어 밀봉한다.

#### ④ 따뜻한 환경에서 발효하기

- 햇빛이 들지 않는 따뜻한 실내에 두고 발효를 진행한다.

- 겨울철·장마철처럼 온도가 낮아지기 쉬운 시기에는 이불·보온 덮개 등으로 감싸 보온하면 발효가 훨씬 안정적으로 이루어진다.

#### ⑤ 발효 완료 확인하기

- 발효가 시작되면 사료 내부에서 자연 발열이 일어난다.

- 손으로 만졌을 때 따뜻한 온기가 느껴지는 시점부터 48시간 정도 지나면 달콤새콤한 발효 향이 나면서 완성된다.

- 탐침형 온도계 사용 시: 사료 더미 중심 온도가 40~50℃까지 상승했다가 서서히 떨어지기 시작하는 시점이 발효 완료 단계이다.

---

### 3단계: 급여 및 보관 방법

---

#### ① 급여 방법

- 적응 기간: 처음에는 기존 사료 100kg에 발효사료 1kg(전체 사료의 약 1%)만 섞어 급여하여, 가축이 맛과 냄새에 적응할 시간을 준다.
- 정량 급여: 가축이 잘 먹고 분 상태가 양호하면 전체 사료량의 2~3%까지 점진적으로 증량하여 꾸준히 급여하는 것을 권장한다.

#### ② 보관 및 사용 기한

- 완성된 발효사료는 쉽게 변질될 수 있으므로 다음 기한 내에 모두 사용한다.
  - : 하절기(여름): 1주일 이내
  - : 동절기(겨울): 1개월 이내

#### ③ 주의사항(곰팡이 확인)

- 발효 과정에서 나타나는 곰팡이는 종류에 따라 위해성이 다르므로 반드시 확인한다.
    - : 하얀 곰팡이: 유익한 효모균일 가능성이 있으나, 식별이 어렵기 때문에 해당 부위는 제거하는 것이 안전하다.
    - : 검은색·푸른색 곰팡이: 유해 곰팡이이므로 절대 급여해서는 안 되며, 사료 전체가 오염되었을 가능성이 높으므로 모두 폐기해야 한다.
-