

부화부산물 수평아리 사체를 이용한 사료용 효모 배양에 관한 연구

심관섭 · 박강희 · 김정학

전북대학교 농과대학 동물자원과학과

Utilization of Egg Type Male Chicks From Hatchery to Produce Yeast Culture for Animal Feed.

Shim Kwan-Seob, Park Garng-Hee and Kim Jung-Hak

Dept. of Animal Resources and Biotechnology, Chonbuk National University

Summary

Optimal conditions to utilize egg type male chicks from hatchery for cultivating yeast(*Saccharomyces cerevisiae*) and the effects of the yeast culture on growth of broiler chicks were investigated. The protein concentration of the spent cockerel extracts was the highest when extracted for 72 hours. Optimal water volume added to the spent cockerel chicks for the extraction was 1.5 times to the cockerel chicks weight (v/w ratio). Lipid in the extracts from the spent cockerel chicks did not affect on the yeast growth. The number of yeast cultured in the SCEL2 medium containing spent cockerel extracts and 4 % sugarcane molasses was higher by 26 % than that in the YEPD medium containing 1 % yeast extract, 2 % bacto pepton and 2 % glucose. Also the number of yeast cultured in the SBYW2 medium containing SCEL2 and 4 % brewer's yeast waste was increased by 8 %, compared to that in the SCEL2 medium. Body weight gain of chicks fed 4 % yeast culture supplementations cultivated in the SBYW2 medium was increased at 5 weeks by 9 %, relative to no supplementation(P<0.05).

The results from this study suggest that the spent cockerel chicks can be utilized as nitrogen sources to produce yeast culture for animal feed.

(Key words : Spen cockerel chicks, Yeast culture, Broiler, Body weight gain)

서 론

효모는 생명력이 강하고 증식이 빠르며, amylase, protease와 같은 효소와 비타민, 무기물, 핵산, 아미노산 및 미지성장인자를 풍부하게 함유하고 있어 사료적 가치가 높은 것으로 알려져 있다(Llewelyn, 1967; Pepler 등,

1982; Cartwright 등, 1986; Rose, 1987). Pepler 등(1982)은 효모에는 핵산이나 glutamic acid를 함유하고 있어 사료의 기호성을 증진시키고, Cartwright 등(1986)은 효모는 장내에서 pH 완충제로서 역할을 하며, Rose (1980)는 혐기성 균의 증식을 돕는다고 보고하였다.

이처럼 효모가 가축의 생산성 향상에 탁월한 효과가 있는 것으로 오래 전부터 보고되었으나, 현재 시판되는 효모제품은 가격이 고가이기 때문에 효모의 이용성이 제한되어 있는 실정이다. 효모계의 가격이 높은 이유에는 여러 가지가 있겠으나 그 중에서도 효모배양에 yeast extract나 Bacto-pepton과 같은 고가의 배지 성분을 이용하기 때문인 것으로 알려져 있다. 이에 따라 고가의 배지성분을 대체할 수 있는 경제적인 배지성분의 개발이 시급한 실정이나 아직까지 이에 대한 연구는 미미한 실정이다.

농림부의 보고에 의하면 현재 2000년 9월 닭 사육수수는 산란계가 48,780천수, 육계가 40,310천수에 이르고, 이들 실용계를 공급하기 위해 산란계는 34,000천수, 육계는 393,000천수가 부화된 것으로 보고되었다(농림부, 2000). 그러나 부화부산물 중 산란계 수평아리, 죽은 병아리나 약추 그리고 분양 시기가 지난 병아리들은 활용되지 못할 경우 심각한 환경 오염원이 될 가능성이 농후하다.

따라서 본 연구는 부화장에서 폐기되는 수평아리의 사체를 효모배양 배지로 재활용하기 위하여 수평아리 사체에 대한 전처리 조건 및 최적 효모배양 조건을 확립하고자 하였으며, 생산된 효모배양물이 육계의 생산성에 어떠한 영향을 미치는지 조사하였다.

재료 및 방법

1. 시험기간 및 장소

본 연구는 전북대학교 농과대학 동물자원학과 생리학 연구실에서 수평아리 사체를 이용하여 효모를 배양·생산하였으며, 육계에 대한 사양시험은 전북대학교 농과대학 동물사육장에서 2000년 9월 15일부터 10월 13일까지 5주간 실시하였다.

2. 시험재료

가. 사용균주 및 배지

실험에 사용된 균주는 본 실험실에서 보관 중인 *Saccharomyces cerevisiae*를 YEPD(1% yeast extract(DIFCO), 2% bacto pepton(DIFCO), 2% nutrient agar (ACUMEDIA), 2% glucose) 평판배지에서 3개월마다 계대 배양하였다. 전배양 배지는 YEPD broth에 colony를 접종하여 shaking incubator에서 2,500 rpm, 30℃, 24시간 호기성 배양 후 종균으로 사용하였다.

나. 수평아리 사체의 전처리

부화장에서 감별시 발생하는 산란계용 1일령 수평아리 사체를 110℃의 온도와 0.5~1.0kg/cm²의 압력에서 90분 동안 가압열처리(autoclave)를 하고 mixer로 분쇄하였다.

다. 수평아리 사체의 추출물 제조조건

수평아리 사체의 추출물을 제조하기 위한 열처리 시간은 분쇄된 시료를 적당량 취하여 시료의 2배에 해당하는 공정수를 첨가한 다음 혼합하고 시간별로 가압열처리 하였으며, 물의 비율은 시료의 무게에 대한 비율을 달리하여 가압열처리 하였다. 가압열처리 후 상온에서 식힌 다음 3,000rpm, 30분 동안 원심분리 하였다. 가압열처리는 110℃의 온도와 0.5~1.0kg/cm²의 압력으로 하였다.

라. 추출물의 단백질 함량 측정

단백질 함량 측정은 Smith (1987)가 설명한 Lowry 방법에 의하여 실시하였다.

마. 배양배지

본 연구에 사용한 효모배양 배지의 조성은 다음과 같다.

- (1) YEPD
1% yeast extract(DIFCO), 2% bacto pepton (DIFCO), 2% glucose
- (2) YEPS
1% yeast extract(DIFCO), 2% bacto pepton (DIFCO), 2% sugar
- (3) SCEL
spent cockerel chick extracts(지방 포함)
- (4) SCE
spent cockerel chick extracts(지방 제거)
- (5) SCEG
SCE, 2% glucose
- (6) SCELG
SCEL, 2% glucose
- (7) SCELS
SCEL, 2% sugar
- (8) SCELPI
SCEL, 2% pretreated sugarcane molasses
- (9) SCELPI2
SCEL, 4% pretreated sugarcane molasses
- (10) SBYW1
SCELPI2, 2% brewer's yeast waste
- (11) SBYW2
SCELPI2, 4% brewer's yeast waste
- (12) SBYW3
SCELPI2, 6% brewer's yeast waste

바. Sugarcane molasses의 처리

본 시험에 사용된 sugarcane molasses는 신 등(1996)이 설명한 방법에 의하여 처리하였다.

사. 효모 세포수의 측정

효모 세포수 측정은 무균 상태에서 멸균 피펫으로 시료를 취하고 생리 식염수로 희석하여 hemacytometer를 사용하여 세포수를 측정하였으며, 사멸 세포의 구별은 0.4% trypan blue를 시료와 동량 혼합하여 염색함으로써 생세포를 계측하였다.

3. 육계의 사양시험

가. 공시동물 및 사양관리

본 시험에 이용된 육계는 (주)하림에서 구입한 Cobb종 수컷 broiler로 총 84수를 공시하였다. 사료와 물은 자유 채식하였고 24시간 연속 점등을 실시하였다.

나. 시험설계 및 공시사료

1일령 병아리의 개시 체중을 균일하게 한 후 3처리 4반복으로 반복당 7수씩 84수를 배치하였으며, 효모배양물은 수평아리 사체의 추출물, sugarcane molasses 및 페이스트로 구성된 배양물로 효모균수가 5×10^9 cfu/ml일 때 효모배양물과 전분박을 1 : 1(v/w)로 혼합한 후 30℃에서 건조하여 전기 및 후기의 기초 사료에 각각 0, 2 그리고 4% 수준으로 첨가하였다. 기초사료의 구체적인 배합 사항은 Table 1과 같다.

다. 조사항목 및 방법

(1) 증체량

시험개시부터 매주 1회 일정한시간에 측정하였으며, 시험 종료시 체중에서 개시 체중을 감하여 증체량을 구하였다.

Table 1. Formula and chemical composition of diets for broiler chicks

Ingredients;	Diets	
	Starter	Finisher
	%	
Corn	59.44	67.05
Soybean meal	26.59	18.77
Corn gluten meal	7.37	7.90
Tallow	3.00	3.00
Tricalcium phosphate	1.75	1.28
Limestone	0.95	1.13
Salt	0.42	0.40
L-lysine HCl	0.16	0.24
DL-methionine	0.12	0.03
Vitamin premix ¹	0.10	0.10
Mineral premix ²	0.10	0.10
Total	100.00	100.00
Calculated analysis		
ME(kcal/kg)	3,100	3,200
CP(%)	21.50	19.00
Methionine(%)	0.50	0.38
Lysine(%)	1.10	1.00
Ca(%)	1.00	0.90
Avail P(%)	0.45	0.35

¹ Provided per kilogram of diet: vitamin A 5,500IU; vitamin D₃ 1,100IU; vitamin E, 11IU; vitamin B₁₂ 0.0066mg; riboflavin, 4.4mg; niacin, 44mg; pantothenic acid, 1mg; choline, 190.96mg; menadione, 1.1mg; folic acid, 0.55mg; pyridoxine, 2.2mg; biotin, 0.11mg; thiamin, 2.2mg; ethoxyquin, 125mg.

² Provided the mg per kilogram of diet: Mn, 120; Zn, 100; Fe, 60; Cu, 10; I, 0.46; Ca, 150 - 180mg.

(2) 사료섭취량 및 사료효율

사료섭취량은 매주 1회 조사하였고 각 시험기간 종료시 시험기간 동안 급여한 총 사료급여량에서 시험 종료시 잔량을 제하여 사료섭취량을 계산하였다. 사료효율은 시험기간 동안 사료섭취량을 증체량으로 나누어서 계산하였다.

4. 통계 분석

본 시험에서 얻어진 결과는 SAS (1985)의 GLM procedure와 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)를 이용하여 처리구간의 유의성 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 수평아리 사체를 이용한 효모배양

이 (1997)는 부화부산물의 일종인 수평아리 사체의 총 고형물 중 조단백질 함량이 60% 이상이라고 보고하였다. 이러한 수평아리 사체의 높은 단백질 함량은 수평아리 사체가 효모배양 배지의 질소원으로서 이용될 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 수평아리 사체에서 수용성 단백질을 효율적으로 추출하기 위한 열처리 시간에 대한 연구를 실시하였다. Fig. 1에서 나타난 바와 같이, 수평아리 사체의 수용성 단백질 농도는 24시간에서 72시간까지는 열처리 시간이 증가함에 따라 증가하였으나 72시간과 96시간의 열처리에서

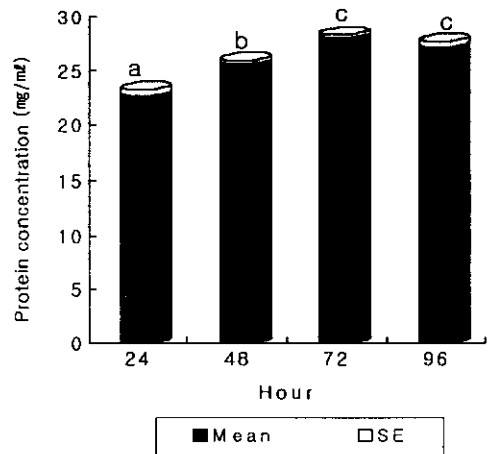


Fig. 1. Protein concentration of the spent cockerel chick extracts according to the extraction time.

Different alphabet over SE represent a significant difference(P<0.01).

는 차이가 없었다. 그러므로 이러한 결과는 본 시험 조건하에서 72시간의 열처리가 수용성 단백질의 효율적인 추출에 가장 적절하다는 것을 보여주었다.

수평아리 사체로부터 수용성 물질을 추출하기 위해서는 적정량의 물이 첨가되어야 한다. 물의 첨가량이 많으면 많을수록 추출된 수용성 물질의 농도는 낮아지며, 적으면 적을수록 추출물의 농도는 높아지나 총 추출량은 적어질 것이다. 따라서 수평아리 사체로부터 수용성 물질을 추출하기 위한 물 첨가량이 조사되었으며 그 결과를 Fig. 2에 제시하였다. 예상하였던 바와 같이 수평아리 사체에 물 첨가량이 증가할수록 수용성 단백질 농도는 감소하였으나 추출물의 총 용적은 증가하였다. 그리고 수평아리 사체에 물 1.5배 첨가시 수용성 단백질 농도와 추출물의 총 용적 graph가 교차하는 것으로 나타났다.

수평아리 사체의 추출물을 효모배양 배지로서 효율적으로 이용하기 위한 적정 물 첨가 비율을 조사하기 위하여 물 첨가 비율에 따라 수평아리 사체로부터 추출물을 추출하여 24시간 동안 효모배양 시험을 실시하였다. Fig. 3에 나타난 바와 같이 수평아리 사

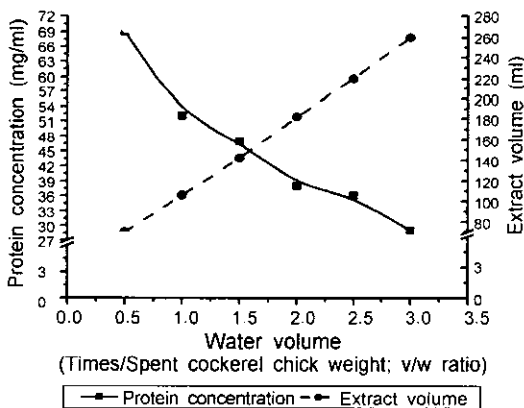


Fig. 2. Effects of the water volume added to the spent cockerel chicks on the protein concentration and the extract volume of the spent cockerel chick extracts.

체 무게의 1배와 2.5배 첨가구에 있어서는 24시간 배양시 효모수에 있어서 차이가 없었으나 1.5배의 물 첨가구는 1, 2 및 2.5배의 첨가구에 비하여 각각 73%, 14% 및 70% 증가하였다. 이러한 결과는 본 연구 조건하에서 수평아리 사체의 추출물을 효모배양에 효율적으로 이용하기 위한 추출 방법에 있어서 물 첨가량은 수평아리 사체 무게의 1.5배인

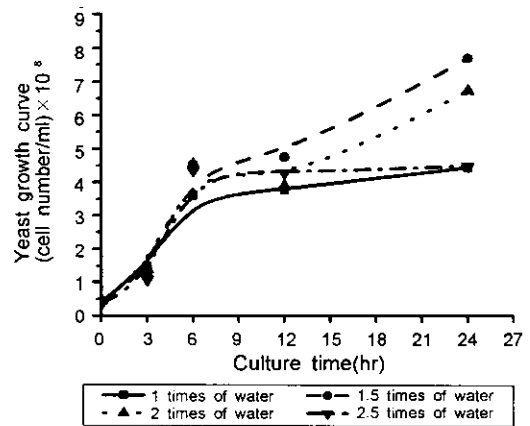


Fig. 3. Effect of the water volume (times/spent cockerel chick weight; v/w ratio) added to the spent cockerel chick for extraction on the yeast growth.

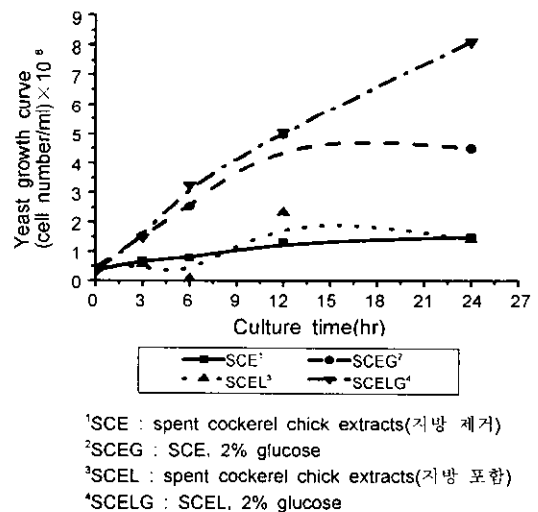


Fig. 4. Growth of yeast in SCE, SCEG, SCEL and SCELG media.

것으로 나타났다.

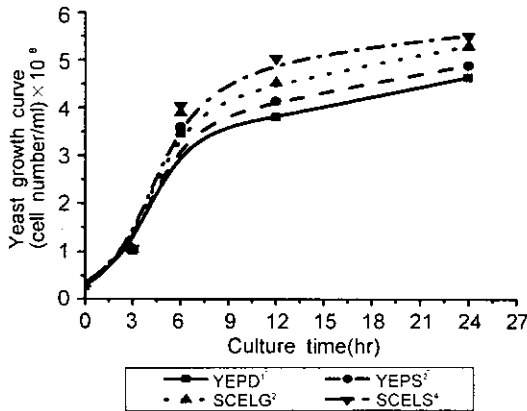
Fig. 4는 수평아리 사체의 수용성 물질을 추출할 때 지방의 제거가 효모의 성장에 미치는 결과를 나타낸 것이다. 24시간 동안 효모배양의 결과, 수평아리 사체의 추출물에서 지방을 제거한 배지와 지방을 포함한 배지는 효모의 성장에 있어서 차이가 나타나지 않았으나, 지방을 포함한 수평아리 사체의 추출물 배지에 glucose를 첨가한 배지는 지방을 제거한 추출물 배지에 glucose를 첨가한 배지보다 효모수가 80% 증가하였다. 따라서 본 연구 결과는 수평아리 사체로부터 수용성 물질을 추출할 때 지방을 제거할 필요가 없다는 것을 보여준다.

효모배양의 탄소원으로서 glucose 대신에 보다 저렴한 sugar나 sugarcane molasses의 이용 여부를 조사하였으며, 그 결과를 Fig. 5와 Fig. 6에 제시하였다. Fig. 5에 나타난 바와 같이 24시간 효모배양 동안, 수평아리 사체의 추출물에 sugar를 첨가한 배지는 YEPD에 glucose, YEPD에 sugar 그리고 수평아리 사체

의 추출물에 glucose를 첨가한 배지에 비하여 효모수가 각각 19%, 13% 그리고 4% 증가하였다.

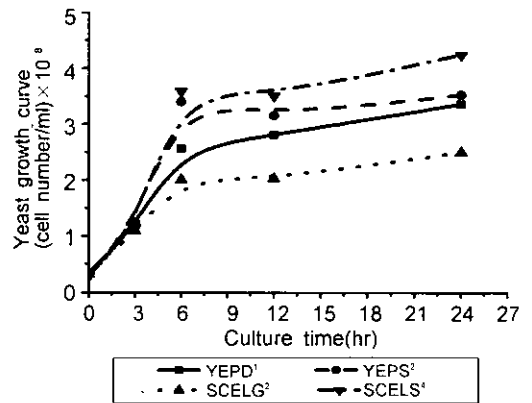
따라서 이러한 결과는 본 연구 조건하에서 sugar가 효모배양의 탄소원으로서 glucose를 대신할 수 있다는 것을 보여준다.

Fig. 6은 수평아리 사체의 추출물 배지에 탄소원으로서 glucose, sugar 그리고 sugarcane molasses를 첨가하여 24시간 동안 효모를 배양하여 비교한 결과이다. sugar를 생산하고 남은 부산물인 sugarcane molasses는 주성분이 sucrose(35-40%, w/w), glucose(8-10%, w/w), fructose(8-10%, w/w), 그 밖의 유기물 및 무기물로 구성되어 있으며, 무기물의 많은 부분을 차지하는 Ca⁺⁺는 공업적 규모에서 수송관 및 농축관에 침착 현상이 발생하므로 황산 등을 이용하여 전처리 후 이용하여야 한다(兵口와 河本, 1967). 따라서 본 연구에서는 sugarcane molasses를 황산으로 처리하여 사용하였다. YEPD 배지와 수평아리 사체의 추출물에 2% 및 4% sugarcane molasses 그리



¹YEPD : 1% yeast extract, 2% bacto pepton, 2% glucose
²YEPS : 1% yeast extract, 2% bacto pepton, 2% sugar
³SCELG : spent cockerel chick extracts(지방 포함), 2% glucose
⁴SCLS : spent cockerel chick extracts(지방 포함), 2% sugar

Fig. 5. Growth of yeast in YEPD, YEPS, SCELG and SCLS media.



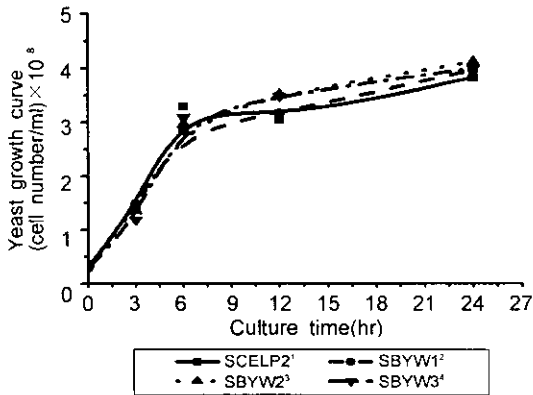
¹YEPD : 1% yeast extract, 2% bacto pepton, 2% glucose
²SCLS : spent cockerel chick extracts(지방 포함), 2% sugar
³SCEL1 : spent cockerel chick extracts(지방 포함), 2% pretreated sugarcane molasses
⁴SCEL2 : spent cockerel chick extracts(지방 포함), 4% pretreated sugarcane molasses

Fig. 6. Growth of yeast in YEPD, SCLS, SCEL1 and SCEL2 media.

Table 2. Effects of yeast culture supplementation cultivated in SBYW2 on weight gain, Feed intake and feed/gain of broiler chicks

Parameter	Dietary yeast culture level (%)		
	0	2	4
Weight gain(g)	1449 ± 32 ^a	1437 ± 38 ^a	1576 ± 41 ^b
Feed intake(g)	2640 ± 55.8 ^a	2584 ± 93 ^a	2933 ± 50 ^b
Feed/Gain	1.83 ± 0.049	1.81 ± 0.037	1.86 ± 0.048

^{a,b} Mean ± SE in the same row with different superscripts differ (P<0.05).



¹SCEL2¹ : spent cockerel chick extracts(지방 포함), 4% pretreated sugarcane molasses
²SBYW1² : SCEL2, 2% brewer's yeast waste
³SBYW2³ : SCEL2, 4% brewer's yeast waste
⁴SBYW3⁴ : SCEL2, 6% brewer's yeast waste

Fig. 7. Growth of yeast in SCEL2, SBYW1, SBYW2 and SBYW3 media.

고 2% sugar를 첨가한 배지에 24시간 효모를 배양하여 비교한 결과 수평아리 사체의 추출물에 4% sugarcane molasses 첨가 배지는 YEPD 배지와 2% sugar를 첨가한 배지에 비하여 효모수가 각각 26%와 20% 증가하였다. 이러한 결과는 김 등(1999)이 효모 배양에 탄소원으로 glucose, sucrose, maltose 및 sugarcane molasses를 첨가하여 효모 성장에 미치는 영향을 조사한 결과 sugarcane molasses를 사용한 경우 성장이 빨랐으며, 또한 sugarcane molasses의 농도가 높을수록 성장이 빨라진다는 보고와 경향이 비슷하였다.

맥주효모부산물인 공시 효모의 성장에 미

치는 영향은 Fig. 7에 제시하였다. sugarcane molasses가 포함된 수평아리 사체의 추출물에 맥주효모부산물 0%, 2%, 4% 및 6%를 각각 첨가한 결과 4% 첨가구는 0%, 2% 그리고 6% 첨가구보다 각각 8%, 4% 그리고 3% 증가하였다.

본 연구 결과는 수평아리 사체와 sugarcane molasses 및 페이스트를 효모배양에 사용할 수 있음을 강력하게 보여준다.

2. 효모배양물을 이용한 육계 사양시험

효모배양물이 육계의 성장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 본 시험에 생산된 효모 배양물은 수평아리 사체의 추출물, 4% sugarcane molasses 및 4% 페이스트로 구성된 배지를 이용하였으며, 본 연구에서 배양된 효모배양물이 육계의 증체량, 사료섭취량 및 사료효율에 미치는 영향을 Table 2에 나타내었다. 증체량에 있어서는 2% 효모배양물의 첨가구는 대조구와 차이가 없었으나, 4% 첨가구는 대조구와 비교하여 9% 증가하는 것으로 나타났다(P<0.05). 사료섭취량의 경우, 2% 첨가구는 대조구와 차이가 없었으며, 4% 첨가구는 대조구보다 증가하는 것으로 나타났다(P<0.05), 사료효율은 전 처리구간 차이가 없었다. 이러한 결과는 효모배양물의 첨가가 육계의 증체량을 증가시켰다고 보고한 유 (1991), 고와 황(1999) 및 마 (2000)의

연구 결과와 유사하였다. 그러나 본 연구 결과 및 이들이 보고한 첨가 수준에 따라 효모 배양물의 효과가 약간씩 다르게 나타나는 이유는 Lyons (1986)가 효모배양물의 유효성분이 배지성분, live yeast 및 대사생성물이라고 보고한 바와 같다고 할 때 본 시험에 사용된 효모균주, 배양방법 및 배양물의 효모 능력이 서로 달라 그 효과가 다르게 나타나기 때문일 것이다.

결론적으로 본 연구 결과는 본 연구 조건 하에서 배양된 효모배양물이 육계의 생산성을 증진시키기 위하여 이용될 수 있음을 강하게 시사한다.

적 요

수평아리 사체를 이용한 효모의 최적 배양 조건과 효모배양물이 육계의 성장에 미치는 영향을 조사하였다. 수평아리 추출물의 단백질 농도는 72시간 동안 추출되었을 때 가장 높았으며, 수평아리 사체에서 추출물을 얻기 위한 물의 첨가 비율은 수평아리 사체의 무게에 1.5배(v/w ratio)가 적당하였다. 수평아리 사체의 추출물에서 지방은 효모의 성장에 영향을 미치지 못하였다. 수평아리 사체의 추출물과 4% sugarcane molasses로 구성된 SCEL2 배지는 1% yeast extract, 2% bacto pepton 그리고 2% glucose로 구성된 YEPD 배지보다 효모수가 26% 더 증가하였다. 또한 SCEL2 배지에 4% 페이스트를 첨가한 SBYW2 배지는 SCEL2 배지보다 효모수가 8% 증가하였다. SBYW2 배지에서 배양된 효모배양물을 5주 동안 육계에 급여한 결과 증체량은 4% 첨가구가 대조구보다 9% 증가하였다.

따라서 본 연구 결과 부화부산물로 발생되는 수평아리 사체는 사료용 효모배양물을 생산하기 위한 효모배양 배지의 질소원으로서 이용될 수 있음을 의미한다.

인 용 문 헌

1. Cartwright, C. P., J. R. Juroszek, M. J. Beavan, F. M. S. Ruby, S. M. F. de Moris and A. H. Rose. 1986. Ethanol dissipates the protein-motive force across the plasma membrane of *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of General Microbiology* 132, 369-377.
2. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple test. *Biometrics* 11:1.
3. Llewelyn, D. A. B. 1967. The production of protein concentrate biomass from hydrocarbons. *Microbiology. Proc Conf, London* p.63.
4. Lyons, P. 1986. Yeast : Out of the black box. *Feed management*. 37;(10):8-14.
5. Pepler, H. J. 1982. Yeast extracts. In: *Fermented Foods*. Rose, A. H.(ED). Academic Press, London. p.293.
6. Rose, A. H. 1980. *Saccharomyces cerevisiae* as a model eukaryote. In: *Current developments in yeast research*. Stewart, G. G. and Russel, I. EDS. 645. Toronto. Pergamon Press.
7. Rose, A. H. 1987. Yeast, a microorganism for all species: a theoretical look at its mode of action. p.113.
8. SAS 1985. *SAS User's Guide: Statistics*(5th Ed.). SAS Inst Inc Cary NC.
9. Smith, J. A. 1987. Quantitation of proteins. In Ausubel, F. R., Brent, R., Kingston, R. E., Moore, D. D., Seidman, J. G., Smith, J. A. and Struhl, K.(Ed.), *Current Protocols on Molecular Biology*. John Wiley and Sons. New York.
10. 兵口榮次郎, 河本正産 共譯. 1967. 糖蜜ハンドブック. 日本精糖工業會.
11. 고용균, 황영환. 1999. *Aspergillus oryzae*

- 균주로 배양한 효모 배양물의 급여가 부로일러의 육성 성적에 미치는 영향. 한국축산학회지. 41;(1):15-22.
12. 김재식, 김진욱, 심 원, 민병철, 김정완, 박관화, 백운화. 1999. 리보핵산을 다량으로 함유한 *Saccharomyces cerevisiae* 균주의 개발. Korean J. Food Sci. Technol. 31;(2):465-474.
 13. 농림부. 2000. 축산관측. 9월호.
 14. 마정숙. 2000. 도축부산물 및 산가수분해물을 이용한 사료용 효모배양에 관한 연구. 전북대학교 석사학위논문.
 15. 신현철, 김성준, 성진석, 전영중, 이재홍. 1996. L-라이신 발효에 있어서 당밀전 처리의 영향. Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol., 24;(3):376-379.
 16. 유종석, 1991. 활성효모의 사료적 가치에 관한 연구. 중앙대학교 석사학위논문.
 17. 이규호. 1997. 가압열처리한 부화부산물의 화학적 조성과 닭에 대한 생물학적 사료가치. 가금학회지. 24;(4):193-198.