

## 生物定量法による子豚のアルコールの利用率の測定

誌名	日本養豚学会誌 = The Japanese journal of swine science
ISSN	0913882X
著者	神部, 昌行 岡, 基 吉田, 實
巻/号	25巻3号
掲載ページ	p. 142-146
発行年月	1988年9月

## 生物定量法による子豚のアルコールの利用率の測定

神部昌行・岡 基・吉田 實

農林水産省家畜衛生試験場, つくば市 305

(1988年3月17日 受付)

**要 約** 子豚を用いる生物定量法によりアルコールの有効エネルギーを測定した。

体重約 10 kg の離乳子豚 5 頭を単飼して, ミルクと育成飼料 175 g を 1 日 2 回給与して予備飼育した。ミルクは子豚用調整乳 40 g を 200 ml の水に溶いたものである。子豚は, 4~5 日でこの給与法になれて, ミルクを 1 分足らずで飲み, 育成飼料を 30~40 分で全部食べるようになり, その後, 体重が 11~12 kg に達したときから本試験に移った。

本試験では, 全頭に所定量の育成飼料を与え, そのほかに, 0-0 区ではミルクのみ, 1-0, 2-0 区ではショ糖の 1 および 2 単位量を, 0-1, 0-2 区ではアルコールの 1 および 2 単位量を, それぞれ, ミルクに溶いて給与した。試験は, それぞれ同腹の雄 5 頭と雌 5 頭を用いて 2 回実施した。試験期間は 5 週間とした。

共分散分析法により, 初体重による補正をした終体重について, 5 点傾斜比法により, 子豚の体重増加に利用されたアルコールの有効エネルギーを計算した。

アルコールの有効エネルギーは, 4.02 kcal/g, 95% 信頼区間 9.5~2.4 kcal/g と推定された。総エネルギー 7.1 kcal/g のうちの 57% (134~34%) が子豚の体重増加に利用されていた。

### 緒 言

エチルアルコール (以下アルコールと呼ぶ) を家畜の飼料として利用することが試みられている。そのためには, 事前にアルコールの飼料価値を正確に評価しておく必要がある。しかし, アルコールには揮発性があり, 飼料に添加して給与する方法では, 蒸発によるアルコールの損失が多く<sup>1)</sup>, アルコールの飼料価値を評価する目的には適当でない。

それで, 比較的長期間の飼養試験において, アルコールを正確に給与する簡単な方法を確立し, その方法で試験をすることが必要となる。また, 試料を乾燥し, 粉碎して分析に供する従来の消化試験等の手法を適用することも出来ない。

一方, 飼料エネルギーの供給量を段階的に増加した場合の, 動物の体重の直線的な増加, すなわち, 直線的な用量-反応関係, を利用して, 検体の有効エネルギーを

評価する生物定量法が確立されていて, 鶏のひな<sup>2,3)</sup>, ラット<sup>4)</sup>, 子牛<sup>5,6)</sup> に適用されている。この方法を子豚に適用することを検討し, それにより, ショ糖を標準物質としてアルコールの有効エネルギーを測定し, 子豚によるアルコールの利用率を計算した。

### 材料および方法

#### (1) 供試動物

第 1 回試験では同腹の雄の離乳子豚 5 頭を, 第 2 回試験では同腹の雌の離乳子豚 5 頭を, それぞれ供試した。いずれも, 3 元交雑種 (LW・D) で, 導入時の子豚の体重は, 10 kg 前後であった。動物実験室の単飼豚房に無作意に 1 頭ずつ配置して 5 区を設定した。豚房の面積は 5.94 m<sup>2</sup>, 平均室温 24°C に空調した豚房で飼育した。給水はウォーターカップによる自由飲水とした。

#### (2) 予備飼育

1 頭につき, 哺乳期子豚用調整乳 40 g を 200 ml の微温水に溶いた溶液 (以下ミルクと略す) を飲ませ, 175 g の子豚用育成飼料 (以下育成飼料と略す) を 1 日 2 回, 概ね 9 時と 15 時に給与した。

子豚は, 4~5 日でこの給与法に順化して, ミルクを 1 分足らずで飲みほし, その後 30~40 分程度で粉状の

Evaluation of availability of ethanol by quantitative bioassay with weanling piglets.

M. JIMBU, M. OKA and M. YOSHIDA

National Institute of Animal Health, Tsukuba-shi, 305.

表1. 育成用飼料とアルコール、砂糖の1日当りの  
(単位: g)

日付	育成用飼料	砂糖 アルコール 1単位	砂糖 アルコール 2単位
1	400	14	28
2	400	14	28
3	400	14	28
4	400	14	28
5	450	15	30
6	500	16	32
7	500	16	32
8	500	16	32
9	550	27	54
10	600	27	54
11	600	27	54
12	600	27	54
13	600	27	54
14	600	27	54
15	650	28.5	57
16	700	30	60
17	750	31.5	63
18	800	33	66
19	800	33	66
20	800	33	66
21	830	33	66
22	880	34.5	69
23	880	36	72
24	900	39	78
25	960	42	84
26	960	42	84
27	1,000	43.5	87
28	1,040	45	90
29	1,080	46.5	93
30	1,080	48	96
31	1,080	48	96
32	1,100	50	100
33	1,120	52	104
34	1,120	52	104
35	1,120	52	104

注). 1) 1日当たりの給与量を2回に分けて給与した。  
2) 給与直前にミルク40gを200mlの微温湯で溶かし、それに、アルコール、または砂糖の所定量を溶かして与えた。

育成飼料を完全に食べるようになった。その後、体重が11~12kgに達してから本試験に供した。

### (3) 本試験

子豚全頭に一定量の育成飼料を給与するが、その給与量は、試験開始後の日数に応じて、表1に示すように次第に増加した。表1には、ショ糖とアルコールの1、および2単位の給与量も示した。これらは、給与直前にミルクに溶かして給与した。0-0区にはミルクのみを与え、1-0区と2-0区には、ショ糖をそれぞれ1単位と2単位ずつミルクに溶かして与え、0-1区と0-2区には、アルコールをそれぞれ1単位と2単位ずつミルクに溶かして与えた。給与は1日2回とし、表1に示した1日当たりの給与量の半分の量を1回に給与した。

試験区は、給与したショ糖とアルコールの単位量を組み合わせ、0-0、1-0、2-0、0-1、0-2の記号で示した。

子豚の導入時、本試験の開始時、終了時、及び、試験期間中は1週間ごとに体重を測定した。

試験期間は5週間とした。

### (4) 供試品

哺乳期子豚用調製乳は日本農産工業K.K.製の市販品で、表示によれば、DCP 22.0%、TDN 113.0%を含み、哺乳期間中に水に溶いて母乳の代わりに給与した。

子豚用育成飼料は協同飼料K.K.製の市販品で、表示によれば、DCP 16.0%、TDN 81.0%を含み、体重約30kgになるまで給与した。

アルコールは、日本アルコール販売K.K.製の未変性1級の95%アルコールを用いた。表1の給与量は100%に換算した量を示している。その総エネルギーは、7.1 kcal/g<sup>7)</sup>である。

ショ糖は、関東化学K.K.の試薬1級のもので、総エネルギーは、3.87 kcal/g<sup>8)</sup>である。

### (5) データの統計的解析

本試験開始時に子豚の初体重を一定にすることはできないので、試験回次をブロック因子とする乱塊法における共分散分析法<sup>9)</sup>により、初体重の違いを統計的に補正した終体重を計算した。ついで、補正した終体重について、2反復の5点傾斜比法<sup>9)</sup>により、ショ糖のエネルギーを標準としてアルコールの力価を計算した。

この5点傾斜比法の解析では、試験回次(ブロック因子)ごとのデータを反復データとみなして計算しているので、反復誤差平方和にはブロック間平方和と乱塊法の誤差平方和(飼料因子とブロック因子の交互作用に相当する)とが含まれている。それで、反復誤差平方和をブロック間平方和と乱塊法の誤差平方和に分割して、後者を用いてF-検定をしないとともに、これによりアル

表2. 供試豚の発育成績

処 理 区	第 一 回			第 二 回		
	初 体 重	終 体 重	補正した 終 体 重	初 体 重	終 体 重	補正した 終 体 重
0 — 0	12.15	33.10	32.11	11.80	32.00	31.41
1 — 0	11.35	31.95	31.88	9.70	29.85	31.67
2 — 0	10.45	32.30	33.26	11.70	33.15	32.67
0 — 1	11.10	32.35	32.56	12.75	33.50	31.82
0 — 2	9.95	31.25	32.78	11.90	33.55	32.85
平均値	11.00			11.57		
標準偏差	0.845			1.125		
変動係数	7.68			9.72		

表3. 分散分析表

要 因	平 方 和	自 由 度	平均平方	F
シヨ糖の直線性	0.9663	1.0	0.9663	15.89*
アルコールの直線性	1.1455	1.0	1.1455	18.84*
y切片, a, の差	0.1972	1.0	0.1972	3.24 <sup>-</sup>
aと0-0区との差	0.2685	1.0	0.2685	4.41 <sup>-</sup>
ブロック間差	0.4696	1.0	0.4696	7.72*
誤 差	0.2432	4.0	0.0608	

$$Y = 31.5636 + 0.6023 X_s + 0.6251 X_t$$

コールの力価の95%信頼上, 下限値を再計算した。

計算には NEC, PC 9801 用のプログラム<sup>10)</sup>を用い, 上記の平方和の分割以後は手計算した。

### 実 験 結 果

子豚の個体ごとの初体重, 終体重, および補正した終体重を表2に示した。表2には, 初体重の平均値, 標準偏差, 変動係数を併記している。

アルコールを飲用した子豚は, その直後に皮膚がわずかにピンク色になることがあったが, そのほかには変わった挙動は見受けられなかった。

5点傾斜比法による分散分析表を表3に示した。表3の欄外に重回帰式を示した。ただし,  $X_s, X_t$  は, シヨ糖とアルコールの給与量の単位,  $Y$  は補正した終体重である。F-検定の結果, シヨ糖, アルコールとも用量-反応関係の直線性が認められ, また, それぞれの定数項  $a$  ( $Y$  切片) は共通で, 0-0区の結果ともほぼ一致するといえるので, 5点傾斜比法が成立することが確認された。なお, ブロック間差は有意であった。

アルコール給与区の用量-反応直線の, シヨ糖給与区

の直線に対する傾斜比は, 1.0379であった。これから, 子豚の体重増加に利用されたアルコールのエネルギーは, 4.02 kcal/g, その95%信頼区間は, 9.5~2.4 kcal/gと推定される。これは, アルコールの総エネルギーの56.6%に相当し, その95%信頼区間は, 134~34%である。

### 考 察

#### (1) 試験方法の特徴

アルコールを飼料に添加すると, 蒸発による損失が多く<sup>1)</sup>, また, アルコールだけでは子豚が飲まない。本研究で検討し採用した給与方法は, 給与の直前にミルクにアルコールを混合して飲ませるもので, 子豚は1分足らずで飲みほしてしまうから, 蒸発によるアルコールの損失は無視できる。

本研究において採用した5点傾斜比法は, 生物定量法の一つで, 子豚の体重の増加が給与したエネルギー量に正比例するような実験条件を設定することが絶対的な必要条件である。そのために, エネルギーの給与量を厳しく制限している。表1に示した育成飼料の給与量は, 子

豚を普通に飼育する場合の7割以下の量である。

したがって、子豚は飢えており、検体を含むミルクを待ちかねて、与えられると一気に飲みほす。その後の育成飼料も全部摂取し、残したり、こぼしたりはしなかった。

僅か10頭という少数例による実験データで、体重の個体差は変動係数として10%<sup>9)</sup>程度の大きさ(表2参照)であるにもかかわらず、体重を基礎として信頼性の高い結果が得られたのは、この基本的な条件が守られたからといえるであろう。

## (2) 子豚の初体重と飼料給与量

表1に示した育成飼料、標準品(ショ糖)及び検体(アルコール)の給与量は、平均体重11~12kgの子豚を供試することを想定して、7割以下の制限量になるように設定された給与量である。初体重がこれより重い子豚にとっては著しい制限給与となり、これより軽い子豚にとっては制限にならない程度の給与量となるであろう。どちらの場合も体重に影響して、傾斜比法が成立しない原因となる。したがって、所定の初体重の子豚を供試することが重要である。

同一日齢の子豚群であっても、一腹の子豚数等の種々の原因によって体重が大きく異なることがあるので、日齢でなく、体重に基づいて試験開始時期を決めた方がよい。

## (3) 子豚によるアルコールの利用

本実験の結果から、アルコールがエネルギー源として子豚の体重の増加に利用されていることが確認された。しかし、その利用率は6割程度と推定され、残りの4割は、熱として発散されて、体重の増加には利用されないと考えられる。

本実験の実施に先だって、アルコールの給与適量を知る目的の予備実験をおこなっており、そのときに、アルコール給与後の育成飼料摂取中に直腸温を測定した。体温の平均値と標準偏差は、 $39.7 \pm 0.41^\circ\text{C}$ であって、アルコール給与の有無や給与量によって統計的に有意な差は認められなかった。それで、本試験においては、体温の測定は省略した。本実験において給与したアルコール量は、酪酐等のアルコールの薬理作用が発現しない程度の量を選択している。子豚の挙動にもアルコールの給与による顕著な差は認められなかった。

しかし、アルコールのエネルギーの一部は熱として発散されていることが示唆されているので、環境温度が高い場合には子豚に対して好ましくない影響を及ぼすことがありうると考えられる。

## (4) 推定値の信頼区間

アルコールの有効エネルギーの推定値、4.02 kcal/g、の95%信頼区間は、9.5~2.4 kcal/gで、かなり幅が

広い。これは、2回、10頭の試験結果から推定されていて、推定に伴う誤差(標準誤差に相当する)が大きいことが主な原因である。反復して試験を繰り返したり、子豚の頭数を増加することによって、誤差を小さくして、信頼区間幅を縮小できると期待される。

## (5) 子豚の性別、腹別による成績の変動

本研究では、第1回に同腹の雄子豚5頭、第2回に同腹の雌子豚5頭を供試しているが、雄と雌は同腹ではない。分散分析の結果、ブロック間差は有意であったが、このブロック間差には、試験回次ごとの環境条件の違い等による子豚の成績の変動のほか、供試した子豚の性別や腹の違いによる成績の変動が複合して含まれている。

成績の解析は、乱塊法と組み合わせた5点傾斜比法によっており、性別、腹別を含む試験回次間の成績の変動をブロック間差として統計的に区分して、傾斜比法による解析に影響しないようにしている。10頭の子豚による測定であるが、精度よくアルコールの利用率が推定できた理由の一つである。

ブロック間差が有意ということは、供試した子豚のような幼動物であっても、性別や腹別により成績に差があって、データの解析に影響する可能性があることを示唆している。したがって、本研究の例のように、同腹、同性の子豚を1ブロックとして供試し、性別や腹別による変動を統計的に区分できるような試験方法が望ましい。異腹の子豚を雌雄混合して1ブロックとする試験方法では、性別や腹別による成績の変動が誤差分散に含まれて、検定精度が低くなると考えられる。

## 文 献

- 1) アルコール協会：昭和60年度・アルコールの飼料化に関する用途研究開発報告書，pp. 312, 1986.
- 2) 吉田 實：家禽会誌，16, 281-286, 1979.
- 3) 吉田 實：畜産の研究，40, 601-605, 1986.
- 4) YOSHIDA, M. *et al.*：Agr. Biol. Chem., 35, 1208-1215, 1971.
- 5) YOSHIDA, M. *et al.*：Ibid., 35, 393-400, 1971.
- 6) 吉田 實：畜産の研究，40, 1360-1363, 1986.
- 7) 芦田 淳：栄養化学概論，pp. 70, 養賢堂，東京，1967.
- 8) 科学技術庁資源調査会：四訂日本食品標準成分表 pp. 66, 1982.
- 9) 吉田 實：畜産を中心とする実験計画法，3版，pp. 325, 359, 400, 養賢堂，東京，1980.
- 10) 吉田 實：畜産技術者のための実験データ解析用プログラム集，pp. 52, 58, 中央畜産会，東京，1987.

EVALUATION OF AVILABILITY OF ETHANOL BY QUANTITATIVE  
BIOASSAY WITH WEANLING PIGLETS

Masayuki JIMBU, Motoi OKA and Minoru YOSHIDA

National Institute of Animal Health, 3-1-1, Kannon-dai, Yatabe, Tsukuba, 305

Effective energy of ethanol in swine was evaluated in the present study using piglets according to the bioassay method.

Five weanling piglets were reared individually with feeding of 40 g of synthetic milk dissolved in 200 ml of water and 175 g of pig starter diet twice a day. After 4-5 days with this feeding, the piglets became so accustomed to this feeding pattern that they drank the milk within a minute and took all the allocated diet within 30-40 minutes. After growing up into a weight of 11-12 kg, one each of the 5 piglets was assigned respectively to the 5 different treatments.

In the experiment, all of the piglets were fed the same amount of the starter diet. In the Treatment 0-0, only the milk was given to the piglet. In Treatments 1-0 and 2-0, the piglets were given the milk containing either 1 or 2 units of sugar (sucrose). In Treatments 0-1 and 0-2, the piglets were given the milk containing either 1 or 2 units of ethanol. The sugar and ethanol were fed to them after dissolution into the milk.

The body weight of each piglet was recorded weekly for 5 consecutive weeks. Five littermate male piglets were tested in Trial 1, while 5 female piglets from another litter were tested in Trial 2.

In the evaluation of the test results, the difference in initial body weight was corrected statistically by covariance anlysis. A 5-point slope ratio assay was carried out on the adjusted body weight.

From the ratio of 2 slopes corresponding to 2 dose-response lines either with sugar or ethanol, the energy of ethanol available for growth of piglets was estimated to be 4.02 kcal/g, with fiducial interval of 9.5-2.4 kcal/g. The availability of energy was 57% of the gross energy (134 ~ 34%).

*Jap. J. Swine Science* 25, 3 : 142-146