

食品製造副産物を主体とする発酵飼料を用いた 黒毛和種去勢牛の低コスト肥育

石崎重信・山田真希夫

Low Cost Fattening of Japanese Black Steers Using Fermented Mixed Ration
Mainly Composed of Food By-Products.

Shigenobu ISHIZAKI and Makio YAMADA

要 約

肉用牛肥育における飼料コスト削減を図るため、食品製造副産物類を主体とする発酵飼料を調製し、黒毛和種去勢牛に給与して肥育試験を実施しその有効性を検討した。

発酵飼料は、小麦ダスト、コーヒー豆薄皮ペレット、トウモロコシ、ビール粕、コーンステープリカー等の食品製造副産物を主体とし、これに配合飼料と圧片トウモロコシを加え、水分 45%程度になるように水を加えて混合し、ポリ袋に詰めて密閉貯蔵することで調製した。発酵飼料中の有機酸は乳酸が主体で、pH 3.9、Vスコア 94.5 と発酵品質が優れ、肥育牛の嗜好性も良好であった。

黒毛和種去勢牛 8 頭を用いた肥育試験は、粗飼料として稲わらとモミガラ(乾物比で 1:1)を用い、濃厚飼料と粗飼料の給与比率を前期 75:25、中期 85:15、後期 90:10 とした。試験区は、濃厚飼料として市販配合飼料を給与する「対照区」と、発酵飼料を給与する「発酵区」とし、各区 4 頭ずつ供試して以下の結果を得た。

1. 飼料乾物摂取量は、対照区 7.7kg/日、発酵区 8.1kg/日と発酵区は摂取量が多かったが、消化率が対照区の 9 割程度と低かったため、日増体量は対照区の 0.77kg/日に比べて発酵区 0.65kg/日とやや劣った。
2. 肉質等級は発酵区が優れ、BMS No. の平均値は対照区 4.8、発酵区 8.0、枝肉単価は対照区 1,735 円/kg、発酵区 1,984 円/kg であった。
3. 一頭当りの肥育に要した飼料費は対照区 213,683 円、発酵区 124,911 円と発酵飼料を用いることにより 41.5%低減することができた。

結 言

肉用牛肥育経営における生産費は飼料費と素畜費がその大部分を占め、肥育牛 1 頭当りの飼料費は黒毛和種去勢若齢牛肥育で 22.1 万円(生産費の 27%)、交雑種肥育で 22.3 万円(41%)、乳用種去勢牛肥育で 18.9 万円(57%)¹⁾に及んでいる。飼料費の主体は、輸入穀物に依存する配合飼料であるが、世界的な穀物需給の逼迫により価格が高騰している。そこで、輸入飼料依存度を低下させるとともに、肉用牛肥育のコスト削減を図るため、国内の

平成 19 年 8 月 31 日受付

食品工場等から排出される食品製造副産物類を低コストでかつ有効に活用する方法として、これらを主体とする飼料を混合して密閉保存することで発酵飼料を調製し、これを黒毛和種去勢牛に給与したときの採食性、産肉性、飼料の消化率および飼料費低減効果について検討した。

材料及び方法

1. 試験区分と供試牛

黒毛和種去勢牛 8 頭を供試して、濃厚飼料として肉用牛肥育用市販配合飼料を給与する対照区(4 頭)と、配合飼料の約 86%を食品製造副産物類と圧片トウモロコシで置き換え、モミガラと水を加えて攪拌・密閉貯蔵して乳酸発酵させた発酵飼料を給与する発酵区(4 頭)を比較した。なお、配合飼料の表示は、原料(%):

穀類 49、糟糠類 42、表示成分(%)：粗蛋白質 13、粗脂肪 2.0、Ca 0.15、P 0.15、TDN 73 以上、粗繊維 8.0 以下のものである。

供試牛は、「北国茂」の息牛(試験開始時月齢は、10.3 ~ 11.6 カ月齢、平均 11.2 カ月齢)で、対照区と発酵区の平均体重が同程度となるよう配置した(試験開始時平均月齢は、対照区 11.0、発酵区 11.4 カ月齢)。

2. 発酵飼料の内容・調製

発酵飼料の材料と各肥育期間における配合割合(原物および乾物ベース)を表 1 に示した。給与飼料乾物中の飼料成分(計算値)については、対照区の値もあわせて示したが、粗蛋白質と TDN は両区ではほぼ同程度であった。粗脂肪は発酵区で若干高く、NDF 含量は繊維含量が高い食品製造副産物を主体に用いたため対照区に比べて発酵区は 10 ~ 14% 高くなった。

発酵飼料の調製は、小麦ダスト、コーヒー豆薄皮(チャフ)ペレット、生豆腐粕、生ビール粕などの食品製造副産物、配合飼料、圧片トウモロコシ、モミガラ、糖分と水分を供給するためのコーンスチープリカーを飼料攪拌機に投入し、発酵に適した水分含量に調整するための水を加えて混合し、モミガラ用ポリ袋に詰めた後に掃除機で抜気して密閉し、暗所に貯蔵することで行った。なお、乳酸菌製剤の添加は行わなかった。小麦ダストとコーヒー豆薄皮の乾物割合と原物中の粗蛋白質、粗脂肪、NDF 割合は、小麦ダスト 88.5、5.2、1.8、55.0%、コーヒー豆薄皮 89.7、15.8、5.0、55.0%であった。

粗飼料として、わらカッターで長さ概ね 5cm に切断した稲わらとモミガラを用い(乾物で 1 : 1)、給与飼料の粗濃比は前期 25 : 75、中期 15 : 85、後期 10 : 90(乾物%)とした。給与に当っては、対照区では配合飼料と稲わらとモミガラを、発酵区では発酵飼料と稲わらを所定の配合割合で混合して自由採食させた。

給与飼料乾物中のカロテン含量(ビタミン A 換算)は、対照区で前期 1,250、中期 1,300、後期 1,350IU/乾物 kg 程度、発酵区で前期 725、中期 750、後期 780IU/乾物 kg 程度と推定され、いずれも要求量に満たない含量であった。ビタミン A の制御は、A D₃ E 注射液(VA : 500,000IU、VD₃ : 50,000IU、VE : 50mg/ml 含有)を筋肉内に注射して行った。

3. 試験方法と測定項目

肥育期間は、前期(11.2 ~ 16.5 カ月齢、5.3 カ月間)中期(16.5 ~ 21.8 カ月齢、5.3 カ月間)後期(21.8 ~ 28.8 カ月齢、7.0 ヶ月間)に分け、平均月齢 28.8 カ月齢で屠畜した。

供試牛は、オガクズを敷いた飼育ペン(飼槽間口 4.4m x ペン奥行き 7.0m)に試験区毎に各 4 頭を収容して群飼育とし、個体毎の採食量は測定しなかった。飼料の給与量は、翌日に残飼料が若干残る程度の量とし、夕方に概ね 2 / 3、朝に 1 / 3 を給与した。残飼料量を毎日秤量し、乾物割合を測定して飼料乾物摂取量を算出し、供試頭数で除して 1 日 1 頭当たりの乾物摂取量とした。体重は 2 週間隔、体高、胸囲等の体尺は 4 週間隔で測定した。

発酵飼料のサンプルは随時採取して水分含量を測定した。発酵品質測定のため、肥育前期にサンプルを 4 回採取し、飼料原物 100g に蒸留水 300ml を加えてジューサーで攪拌した後、ガーゼろ過液の pH を測定し、5ml を取って等量の 6% 過塩素酸液を加え密栓して凍結保存した。

試験開始時、および、各期の終了時には、頸静脈血と第一胃内容液(経口カテーテル)を採取した。血液は血漿を凍結保存し、自動血液分析機(日立 7050)及び同機用試薬(株シノテスト)を用いて生化学成分を測定し、血漿中ビタミン A は液体クロマトグラフィ²⁾を用いて分析した。第一胃内容液は pH を測定した後、

表 1 発酵飼料の配合割合と乾物中成分値 (%)

	前 期		中 期		後 期	
	原物%	乾物%	原物%	乾物%	原物%	乾物%
市販配合飼料	6.8	10.8	7.0	12.0	7.7	12.8
トウモロコシ	14.6	22.3	14.7	24.3	16.2	26.0
小麦ダスト	9.7	15.2	10.1	17.0	11.1	18.2
コーヒー豆薄皮	6.8	10.8	6.8	11.6	7.5	12.4
豆腐粕(生)	20.4	7.5	20.5	8.1	22.6	8.7
ビール粕(生)	7.3	3.3	7.4	3.6	8.1	3.9
ふすま	2.9	4.6	3.1	5.2	3.4	5.6
コーンスチープリカー	1.9	1.8	1.9	1.9	2.1	2.1
モミガラ	7.3	11.7	4.6	8.0	3.1	5.1
稲わら	7.8	12.1	5.0	8.3	3.3	5.3
水	14.6		19.0		14.9	
乾物割合	56.5		52.4		54.0	
乾物中成分割合	発酵区	対照区	発酵区	対照区	発酵区	対照区
粗蛋白質	11.9	11.9	12.5	12.9	13.1	13.4
粗脂肪	3.8	2.0	4.0	2.1	4.2	2.2
NDF	44.8	33.7	42.0	28.2	39.8	25.5
TDN	65.9	67.9	69.5	73.2	72.3	75.8

[粗飼料：濃厚飼料]の給与割合(乾物ベース)は、前期 25 : 75、中期 15 : 85、後期 10 : 90

遠心分離して得た上清に同量の6%過塩素酸液を加え密栓して凍結保存した。第一胃内容液と発酵飼料抽出液については、液体クロマトグラフィ³⁾を用いて乳酸および揮発性脂肪酸を測定し、第一胃内容液については比色法によりアンモニア態窒素を、飼料抽出液については水蒸気蒸留法によって揮発性塩基性窒素を測定した。

試験終了時には、屠畜し、胸最長筋(第7肋骨部)及びそれに接する皮下脂肪を採取した後、食肉市場に搬入して日本食肉格付協会による格付を受けた。採取した肉はポリ袋に入れて密閉して凍結保存した後、肉質⁴⁾(水分・粗脂肪・粗蛋白質の含量、加熱損失、剪断力価)、脂肪の融点⁴⁾を測定した。脂肪酸組成については、胸最長筋ではミンチにしたサンプル数gをガラスバイアルビンに入れ数倍容積の無水硫酸ナトリウムを加えてガラス棒で混和しながらよく押しつぶして脱水した後クロロホルムを加えて密栓して一晩放置し、ろ紙でろ過した抽出液を窒素ガス噴き付けにより溶媒を揮発させたサンプルを供試した。脂肪組織については105℃4時間で抽出したサンプルを供試した。これらにナトリウムメチラートを加えてメチルエステル化した後、ガスクロマトグラフィ(カラム:chromosorbWAW 10% SP-2340, 温度:カラム200℃、注入部とFID 230℃)を用いて測定した。

消化試験は、タイストール牛舎に繋養したホルスタイン種去勢牛4頭(平均体重588kg)に後期用の飼料を給与して実施した。対照区については維持T-D-N量相当量(乾物で8.7kg/日)、発酵区については対照区と同量の乾物量を給与し、2週間の予備期の後、できるだけ尿が混入しないように注意して3日間全糞採取した。

試験結果については、一元配置法による分散分析⁵⁾により検定を行った。なお、表には対照区と発酵区の平均値の差の有意性を表す「P値」を示した。

表2 発酵飼料の発酵品質

現物中の有機酸割合(%)			VBN/T-N(%)	Vスコア	pH
乳酸	酢酸	n-酪酸			
2.28	0.67	0.01	5.3	94.5	3.9

VBN/T-N: 全窒素量のうち不良発酵時に増加するアンモニア等の揮発性窒素の割合12.5%以下が「優」、12.5~15%が「良」、20%以上は「極度に不良」

Vスコア: サイレージの発酵品質を評価する基準80点以上が「良」、80~60点が「可」、60点以下が「不良」

表3 飼料乾物摂取量、体重、日増体量(平均値)

	乾物摂取量(kg/日)		体重(kg)			日増体量(kg/日)		
	対照区	発酵区	対照区	発酵区	P値	対照区	発酵区	P値
前期	8.0	8.5	432	432	0.97	0.95	0.92	0.80
中期	8.1	8.6	560	538	0.46	0.80	0.66	0.09
後期	7.3	7.4	692	634	0.13	0.60	0.44	0.06
通算	7.7	8.1	413	352	0.09	0.77	0.65	0.09

飼料乾物摂取量は、群飼育のため4頭の合計摂取量を4で除した値
体重は、各期の終了時に測定

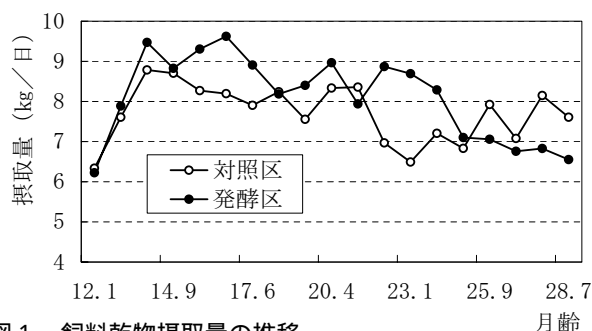


図1 飼料乾物摂取量の推移

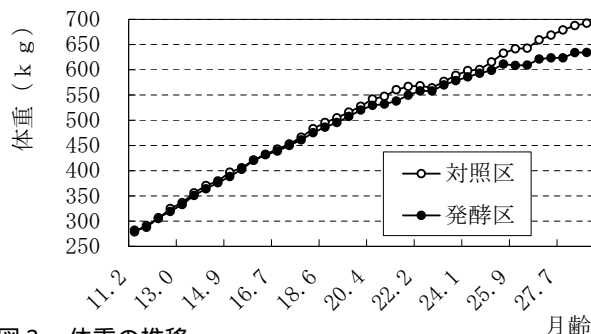


図2 体重の推移

結果及び考察

1. 発酵品質

発酵飼料の発酵品質に関する測定結果を表2に示した。稲わらを除く材料を混合してポリ袋に詰め込み掃除機で抜気して貯蔵することで、乳酸主体の良好な発酵が進み、水抽出液のpHは3.6~4.1の範囲であった。発酵飼料原物中の有機酸割合は、乳酸2.28%、酢酸0.67%、酪酸0.01%と乳酸主体であり、発酵品質を表すVBN/T-N(%) (総窒素量に占める揮発性塩基性窒素の割合)が5.3、Vスコアが94.5と良好な値であった。また、牛の嗜好性は良好であった。

2. 飼料摂取量、飼料の消化率、発育成績

飼料乾物摂取量、体重、日増体量の期毎の平均値を表3に、飼料乾物摂取量の推移を図1に、体重の推移を図2に示した。飼料乾物摂取量は、前期と中期では発酵区がやや多く摂取し、肥育期間を通算すると対照区7.7kg/日、発酵区8.1kg/日で発酵区が多い傾向であった。発酵区では後期の後半に飼料摂取量が低下したが、原因としては、貯蔵中に虫等がポリ袋に穴をあけたためカビが発生し、カビが生えた部分を除去して

表4 飼料の消化率(%)

	対照区	発酵区	P 値
乾物	74.1 a	65.4 b	0.02
NDF	47.4	51.1	0.37
ADF	42.6	39.4	0.50
ヘミセルロス*1	52.3 a	63.0 b	0.02
NSC*2	87.6 A	80.2 B	0.003
粗蛋白質	73.8	67.5	0.17
粗脂肪	67.4	70.8	0.61

*1: NDF-ADF

*2: 非構造性炭水化物(デンプン、糖など)

*3: 異符号間に有意差有り(小文字: P<0.05、大文字: P<0.01)

給与したものの品質が低下し嗜好性が落ちたこと、もしくは、発酵区では後述のように血漿中ビタミンA濃度が低くなっていたことが考えられる。

体高、胸深、尻長、かん幅、胸囲については4週間毎に測定したが、いずれも試験区間に差がなかった。

消化試験の結果を表4に示した。発酵区の乾物消化率は65.4%で対照区(74.1%)の約9割と低かった(P=0.02)。これは、ヘミセルロス(=NDF-ADF)の消化率は発酵区が高かった(P=0.02)ものの、本来消化率が高い飼料分画であるNSC(糖、デンプン等の非構造性炭水化物、飼料乾物から粗蛋白質・粗脂肪・NDF・灰分を引いた分画)の消化率が発酵区で低く(P=0.003)粗蛋白質の消化率も低い傾向であったことが原因である。本試験で用いた配合飼料は糟糠類が42%配合されたものであるがトウモロコシの圧片程度は発酵区で用いたトウモロコシよりも強く圧片されて

表5 枝肉の格付け成績・枝肉価格

	対照区	発酵区	P 値
枝肉重量 (kg)	434.3	397.5	0.20
枝肉等級 (頭)	A3: 3頭 B3: 1頭	A4: 2頭 A5: 2頭	
枝肉等級 (平均)	3.0	4.5	
コース芯面積 (cm ²)	52.5	55.0	0.46
バラの厚さ (cm)	6.9	6.7	0.67
皮下脂肪の厚さ (cm)	2.5	1.9	0.27
BMS No.	4.8A	8.0B	0.002
枝肉単価 (円/kg)	1,735A	1,984B	0.001
枝肉価格 (万円)	75.4	78.9	0.48

異符号間に有意差有り(P<0.01)

表6 ロースの肉質分析結果と脂肪融点

	対照区	発酵区	P 値
水分 (%)	47.4	44.3	0.29
粗脂肪 (%)	36.6	41.5	0.26
粗蛋白質 (%)	15.4	13.6	0.07
クッキングロス (%)	13.4	12.4	0.39
せん断力価 (kg/cm ²)	1.9a	0.9b	0.02
脂肪融点			
皮下脂肪 ()	28.6	24.4	0.06
筋間脂肪 ()	29.5	29.6	0.98

異符号間に有意差有り(P<0.05)

粗脂肪、粗蛋白質は、原物中の値

いたため、トウモロコシデンプンの消化率が対照区の方が高かったことが一因として考えられる。

消化試験は後期用飼料を用いて行ったので、モミガラと稲わらの乾物消化率をそれぞれ14.0%、42.8%⁶⁾として濃厚飼料部分の消化率を計算すると、対照区82%、発酵区71%となる。この値を用いて、前期、

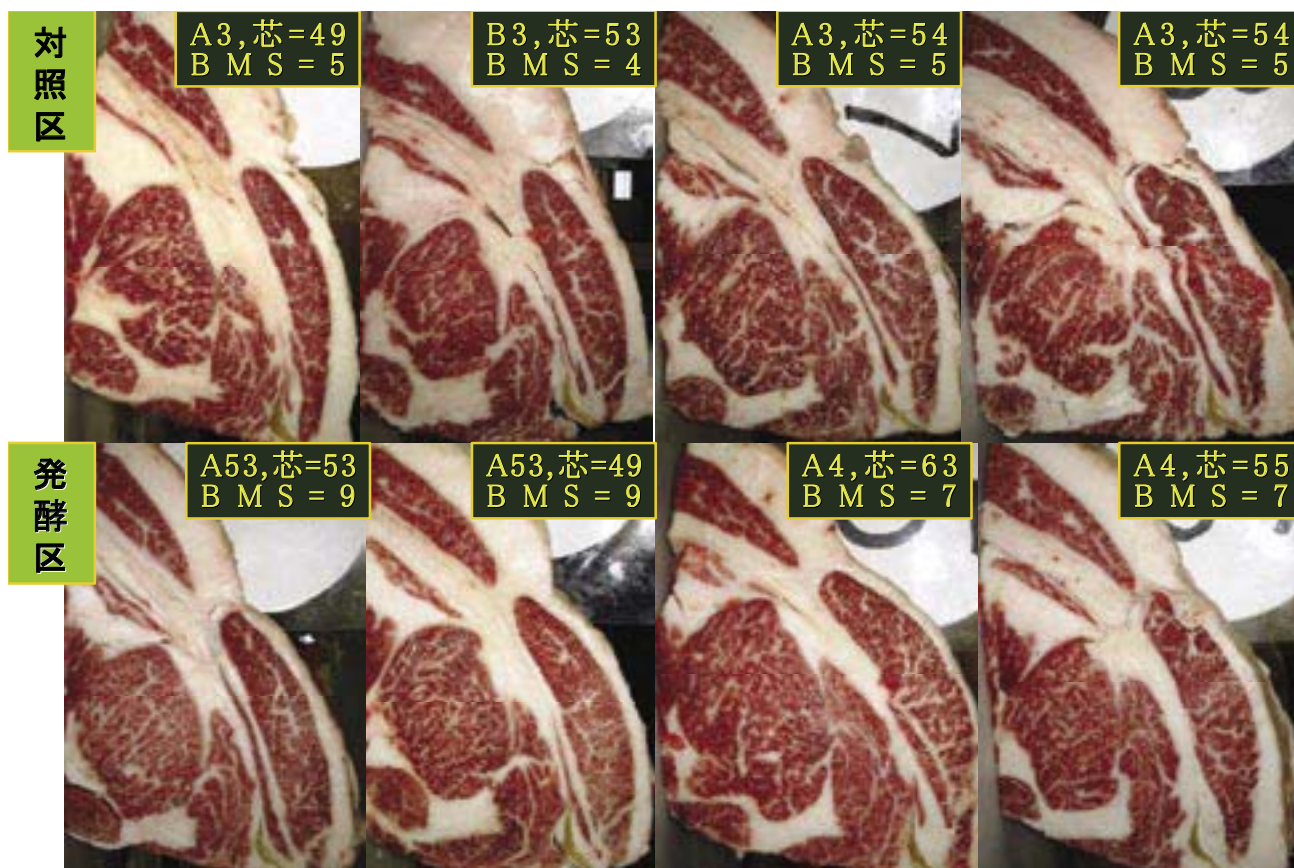


図3 ロース芯断面写真

表7 筋間・皮下・筋肉内脂肪の脂肪酸組成 (%)

	筋間脂肪			皮下脂肪			ロース筋肉内脂肪		
	対照区	発酵区	P 値	対照区	発酵区	P 値	対照区	発酵区	P 値
C14-0	2.8 A	1.9 B	0.008	2.6 a	2.2 b	0.03	3.5	3.0	0.13
C16-0	25 A	20.8 B	0.005	24.4 A	21.5 B	0.004	28.5	26.0	0.05
C16-1	6.2	5.7	0.19	8.1	8.2	0.86	5.9	5.1	0.06
C18-0	12.2	13.5	0.29	7.8	7.7	0.93	11.4	13.8	0.08
C18-1	51.3 a	54.5 b	0.05	53.5 A	56.2 B	0.01	46.9	48.5	0.33
C18-2	1.9	2.1	0.46	2.3	2.3	0.90	1.8	2.0	0.45
C20-0	0.9 a	1.4 b	0.046	1.4 A	1.9 B	0.004	1.9	1.7	0.74
飽和脂肪酸	40.9	37.6	0.09	36.2 A	33.3 B	0.047	45.3	44.5	0.85
不飽和脂肪酸	59.4	62.3	0.10	63.9 A	66.7 B	0.048	54.6	55.6	0.60

異符号間に有意差有り (小文字: P<0.05、大文字: P<0.01)

中期飼料の乾物消化率を試算すると、前期は、対照区 69%、発酵区 61%、中期は、対照区 73%、発酵区 64% となり、発酵区の乾物消化率は前期から後期にわたって対照区の 9 割程度であったことが推察される。

試験終了時の体重は対照区 692kg、発酵区 634kg (P = 0.13)、全肥育期間通算の日増体量は、対照区 0.77kg / 日、発酵区 0.65 kg / 日 (P = 0.09) と、何れも飼料乾物消化率が高く、かつ、後半の飼料乾物摂取量が多かった対照区が勝る傾向であった。なお、発酵区の後期後半の日増体量は、前述した採食量の低下を反映して低くなった。

前述の乾物消化率を各期の飼料乾物摂取量に乘じた可消化乾物摂取量は、前期・中期において発酵区が対照区の 93 ~ 94% と少なかったと推察されるが、体重の推移は中期の途中まで両区はほぼ同程度の増体を示した。これは、消化試験では体重 600kg 弱のホルスタイン種去勢牛を供試したが肥育試験供試牛の体重はこれよりも小さいため、粒子サイズが細かい繊維を多く含む発酵飼料を良く咀嚼して消化し、肥育試験における両区の消化率の差はホルスタイン種を用いた消化試験の差よりも小さかったことが推察された。

3. 枝肉・肉質成績

枝肉成績を表 5 に、ロース芯断面写真を図 3 に示した。枝肉重量は対照区 434kg、発酵区 398kg と対照区が重い傾向 (p = 0.20) であった。肉質等級は、

対照区の A3 : 3 頭、B3 : 1 頭に対して、発酵区では A5 : 2 頭、A 4 : 2 頭と優れていた。ロース芯面積は、対照区 (52.5 cm²) に比べて発酵区 (55.0 cm²、p = 0.46) が若干大きくなった。BMS No. (対照区 4.8、発酵区 8.0、P = 0.002) と枝肉単価 (対照区 1,735 円、発酵区 1,984 円、P = 0.001) は、発酵区が有意に高かったが、枝肉重量が軽いため枝肉価格 (対照区 75.4 万円、発酵区 78.9 万円、P = 0.48) には差がなかった。

発酵区の脂肪交雑が高くなった理由は、以下の 2 点が考えられる。すなわち、肥育中期に カロテン給与量を制限し血漿中ビタミン A を低くすることで脂肪交雑 (BMS 値) は高く肉色 (BCS 値) は低くロース芯面積は大きくなる傾向があると報告されている⁷⁾ が、本試験における飼料中の カロテン含量は後述のよう

表 8 第一胃内容液性状

	対照区	発酵区	P 値
第一胃内容液 pH	6.61	6.81	0.32
酢酸割合 (%)	60.8 A	63.7 B	0.001
プロピオン酸割合 (%)	22.5	20.7	0.28
n- 酪酸割合 (%)	13.2	11.6	0.31
酢酸 / プロピオン酸比	2.80	3.11	0.24
アンモニア (mg/dl)	5.7	9.0	0.23

異符号間に有意差有り (P<0.01)

に発酵区が対照区よりも低く、肥育中期以降の血漿中ビタミン A 濃度も発酵区が低い傾向であった。また、血液中の総コレステロール含量が 130mg/dl 以上であるとロース芯の脂肪含量が高くなるとの報告がある⁷⁾ が、本試験では有意な差ではないが、肥育中期以降において発酵区が高く推移した。

肉の理化学的分析の結果を表 6 に示した。発酵区では水分と粗蛋白質の含量が低く (P = 0.29、P = 0.26) 逆に粗脂肪含量が高い傾向 (P = 0.07) であり、BMS No. が高かったことと一致した。

70 で 1 時間加熱したときの肉汁の加熱損失割合 (クッキングロス) は、対照区 13.4%、発酵区 12.4% で差がなかった (P = 0.39)。肉の硬さを示す「剪断力価」は対照区 1.9kg/cm²、発酵区 0.9 kg/cm² と発酵区が低く、発酵区のロース肉は対照区に比べて柔らかな肉であったが、これは脂肪含量が高かったことが主因と考えられる。脂肪の融点は、皮下脂肪では発酵区が低かった (P = 0.06) が、筋間脂肪については対照区 29.5、発酵区 29.6 と差がなかった (P = 0.98)。

4. 脂肪酸組成

皮下脂肪・筋間脂肪・筋肉内脂肪の脂肪酸組成 (重量%) を表 7 に示した。皮下脂肪については、発酵区で C14-0 と C16-0 が少なくなり C18-1 と C20-0 が増加した結果、不飽和脂肪酸の割合は対照区 (63.9%) に比べて発酵区 (66.7%) で増加した (P = 0.048)。筋間脂肪についても同様な傾向であった。筋肉内脂肪については、皮下・筋間脂肪と同様な傾向が認められたものの有意な差ではなかった。発酵区で C20-0 が増加した原因は明らかでないが、C18-1 が増加したのはトウフ粕 (乾物中粗脂肪割合は 11.1%) やビール粕 (同、8.9%) の粗脂肪割合が高く、しかも、トウフ粕をはじめビール粕 (大麦)、小麦ダスト (小麦)、コーヒー豆

表9 血漿中成分の平均値

	対照区	発酵区	P 値
GOT	IU/L 89	106	0.71
GTP	IU/L 34	46	0.10
GPT	IU/L 25 a	20 b	0.02
血糖	mg/dl 78	76	0.53
総コレステロール	mg/dl 148	168	0.38
尿素窒素	mg/dl 16	15	0.24
Ca	mg/dl 9.6	10.3	0.10
iP	mg/dl 7.8	7.4	0.64

異符号間に有意差あり (P<0.05)

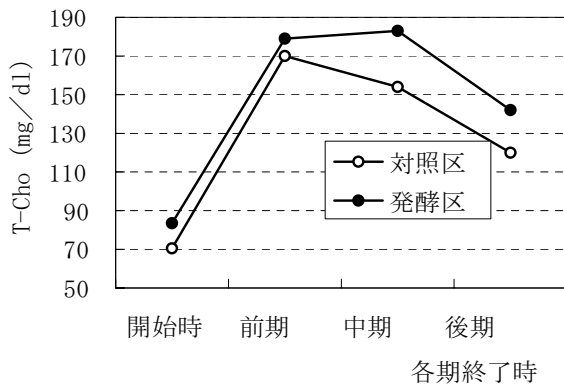


図4 血漿中総コレステロール

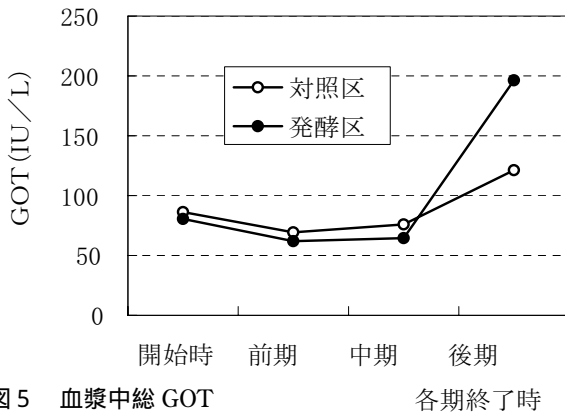


図5 血漿中総 GOT

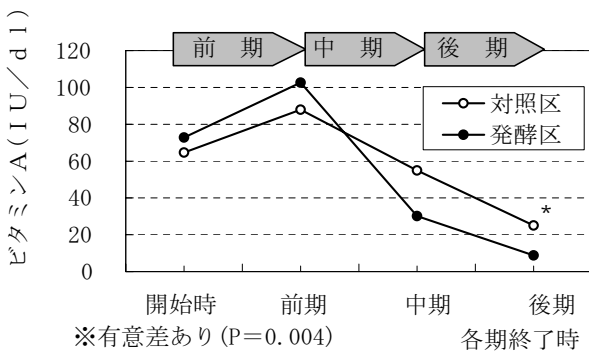


図6 血漿中ビタミンAの推移

薄皮(コーヒー)においてもC18-2(リノール酸)が脂肪酸の主体⁸⁾であったため、これが第一胃内で微生物による水素添加⁹⁾を受けてC18-1に変換されたためと考えられる。

5. 第一胃内容液性状

第一胃内容液性状の平均値を表8に示した。pHは

表10 ビタミンA投与量(万IU)

	投与月齢									
	牛 No.	15.3	16.7	19.5	20.9	21.8	22.2	23.1	24.5	25.9
対照区	2	50	50	50	50	50	50	50	100	75
	3			50	50	50		50	100	75
	7	50		50	50	50		50	100	75
	8			50	50	50		50	100	75
発酵区	1	50		50	50	50		50	100	75
	4	50		50	50	50		50	100	75
	5			50	50	50		50	100	75
	6	50		50	50	50		50	100	75

1ml中にVA:50万IU、VD3:5万、VE:50mgを含む注射用ビタミン剤を筋肉内注射全頭投与時以外は、体重増加が停滞した個体に投与した

対照区 6.61、発酵区 6.81 (P = 0.32) と、両区とも粗飼料給与不足時に見られるような低いpHではなく、区間にも差がなかった。総揮発性脂肪酸濃度は、対照区 9.0mmol/dl、発酵区 7.6mmol/dl (P = 0.20) と対照区が高い傾向であった。総揮発性脂肪酸に占める酢酸とプロピオン酸の割合は、発酵区では酢酸割合が高く (P = 0.001) プロピオン酸割合が低い傾向 (P = 0.28) であったが、酢酸/プロピオン酸比は対照区 2.80、発酵区 3.11 (P = 0.24) と両区とも飼料中の繊維が充足されていたことを裏付ける値であった⁷⁾。

肥育牛の飼料摂取量を最大にし、かつ代謝疾病の発生を予防するための飼料乾物中繊維 (NDF) 含量の目安は、前期 30、中期 25、後期 20%以上といわれている⁷⁾が、本試験の対照区ではこの値よりも数%高かった。発酵区で酢酸が多くなった理由は、発酵区のNDF含量が対照区に比べて、前期で11%、中期と後期で14%ほど高かったことを反映したものと考えられる。しかし、酢酸を除いて有意な差に至らなかった原因は、食品製造副産物由来の繊維はセルロースに比べて消化性が高いヘミセルロースやペクチンが多く、粒子サイズが小さいため牛の咀嚼・反芻を促す物理性は牧草の3~5割程度⁷⁾と低いことやヘミセルロースの第一胃内での発酵パターンがデンプンに近い¹⁰⁾ためと考えられる。

また、今回供試した発酵飼料では、トウモロコシ粗脂肪含量と不飽和脂肪酸割合が比較的高いことから、乾物中の粗脂肪割合を4.2%を超えないように配合割合を設定した。不飽和脂肪酸割合の多い油脂類を多給すると第一胃内における繊維分解を抑制してプロピオン酸割合が高くなる⁷⁾といわれているが、本試験では酢酸割合が高く、飼料中の粗脂肪含量をこの程度に制限すれば、食品製造副産物由来の不飽和脂肪酸による第一胃内発酵への悪影響は生じないことが確認された。

6. 血液性状

前期・中期・後期終了時の血漿成分の平均値を表9に、GOTの推移を図4に、総コレステロールの推移を図5に示した。測定した血液成分について対照区と発酵区の間大きな差はなかったが、GPTは発酵区

が低かった ($P = 0.02$)。また、発酵区では後期後半にカビが生えた飼料を給与したためか GOT と GTP が上昇し、通算の平均値もやや高い値となった。また、発酵区では Ca 濃度が高い傾向 ($P = 0.10$) であった。

血漿中のビタミン A 濃度の推移を図 6 に、ビタミン A の投与を表 10 に示した。各期の飼料乾物摂取量と給与飼料中の推定 カロテン含量から、一日当りのビタミン A 摂取量を計算すると、対照区は前期 10,000、中期 10,600、後期 9,800IU/日程度、発酵区は前期 6,200、中期 6,500、後期 5,800IU/日程度と、いずれも要求量に満たなかったが、前期終了時までは育成期における蓄積が十分であったためか両区ともやや上昇傾向を示した。その後、中期終了時〔血漿中ビタミン A 濃度が対照区 55 IU/dl、発酵区 30IU/dl ($P = 0.10$)〕、試験終了時〔対照区 25 IU/dl、発酵区 9IU/dl ($P = 0.004$)〕と月齢が進むに連れて両区とも急速に低下した。後期にはビタミン A を 3 回投与したが、後述のように肝臓に障害のある牛が多かったためか、試験終了時における上昇はみられなかった。

発酵区のほうが肥育中期における血漿中ビタミン A 濃度が低かったが、これが発酵区で脂肪交雑が高かった一因と考えられる。また、血漿中のビタミン A 濃度が 20IU/dl 以下に低下すると採食量が減少する⁷⁾といわれており、発酵区で 26 ヶ月齢以降に飼料乾物摂取量が低下したひとつの原因と考えられる。

7. 疾病発生状況

肥育試験中には、鼓脹症、蹄葉炎など濃厚飼料多給による疾病は発生しなかった。屠畜時における所見では、対照区の 1 頭で膀胱内に尿石が認められ、肝臓全廃棄が対照区 3 頭、発酵区 2 頭、白モツ(腸)の一部廃棄が対照区 3 頭、発酵区 1 頭に認められたが、第一胃不全角化症など第一・二・三胃の粘膜には異常が認められなかった。内臓廃棄の詳細は記録していないが、発酵区は対照区に比べて内臓への負担が大きくなかったことが示唆された。

8. 飼料コスト

飼料費算出のための kg 単価は、配合飼料 42.5 円、トウモロコシ 36.5 円、フスマ 28.5 円、稲わら 48.0 円とし、その他の材料は自ら取りに行くこととしてトウフ粕・チャフペレット・モミガラは無料、小麦ダスト 10 円、ビール粕 10 円、コーンステープリカー 5 円とした。一頭当りの肥育に要した飼料費は、対照区 213,683 円、発酵区 124,991 円となり、差額 88,691 円、41.5%の削減となった。配合飼料価格がさらに高騰すれば、飼料費節減効果はさらに大きくなるが、肥育農家が発酵飼料に取り組む場合には、材料の引き取りや

調製作業にかかる経費と手間に加えて、飼料攪拌機やフレコンバック等の購入などの初期投資、廃棄ビニール袋の処理経費等が必要となる。

以上のように、生の食品製造副産物を活用した発酵飼料は、飼料攪拌機で混合してポリ袋に詰め込み密閉貯蔵することで、少ないコストで簡単に調製できることが明らかとなった。ポリ袋を内装したフレコンバックを用いると容易である。乳酸菌が利用できる糖が含まれ、水分含量を 50 ~ 45% 程度に調製することで乳酸主体の良好な発酵品質が得られ、肥育牛の嗜好性も高いことから、高水分の食品製造副産物の有効活用方法として、肥育農家や TMR センター等で利用できると考えられる。

食品製造副産物は、種類が多く水分や成分のばらつきが大きい。例えば、ビール粕・ビートパルプ・コーングルテンフィードの繊維は消化性が高いペクチンが多く、トウフ粕・生米ぬか・ビール粕は脂肪含量が高く第一胃内発酵を抑制する不飽和脂肪酸が多い。利用できる食品製造副産物に応じて飼料計算を行い、養分の過不足や粗飼料の充足度合いを点検する必要がある。また、ぬか類は、リン含量が高くカルシウム含量が低いものが多いので、骨軟症や尿石症予防の観点から飼料中の Ca : P 比に注意を要する。食品製造副産物中の繊維は、牧乾草と比べて反すうを刺激する粗剛性が 30 ~ 50% と低いことから、粗飼料の給与量は本試験のように通常の肥育と同水準にするのが安全と考えられる。

引用文献

- 1) 平成 18 年度畜産物生産費(平成 19 年 6 月) 農林水産省統計部 : 26 - 28
- 2) 日本ビタミン学会編、ビタミン学実験法〔 〕脂溶性ビタミン(1983) 東京化学同人 : 25
- 3) 渡邊晴生(1998) 千葉畜セ研報 22 : 33 - 37
- 4) 畜産技術協会(平成 15 年 3 月) 牛肉の品質評価のための理化学分析マニュアル Ver.2 : 6 - 21
- 5) 吉田実(1975) 畜産を中心とする実験計画法、(株)養賢堂 : 69 - 86
- 6) 日本標準飼料成分表(2001) 中央畜産会
- 7) 日本飼養標準 肉用牛(2000) 中央畜産会 : 91 - 107
- 8) 香川芳子監修(1998) 4 訂食品成分表、女子栄養大学出版部 : 370 - 395
- 9) 板橋久雄(1985) ルーメンの世界、(社)農山漁村文化協会 : 414 - 422
- 10) 日野常男(1985) ルーメンの世界、農山漁村文化協会 : 532