

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 < II >

石崎重信

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

Shigenobu ISHIZAKI

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その有効性を検討した。

発酵飼料は、規格外そば粉、生トウモロコシなどのエネルギー価が高い食品製造副産物、脱水野菜残さ、圧片トウモロコシ、ふすま等に粗飼料を混合・攪拌して、市販のモミガラ袋またはポリ袋を内装したトランスバックに密閉貯蔵して調製した。発酵飼料中の有機酸含量は原物中で乳酸が2.75%、酢酸が1.08%、pHは4.25と良好であり、肥育牛の嗜好性も概ね良好であった。

肥育試験は12ヵ月齢の黒毛和種去勢牛8頭を供試し、発酵飼料だけを給与する「発酵区」、及び市販配合飼料と粗飼料を給与する「対照区」の2試験区を設定し、各区4頭ずつを配置し29ヵ月齢まで肥育試験を行った。給与した粗飼料は、切断稲わらとモミガラ(重量比1:1)を用いた。濃厚飼料と粗飼料の給与比率は前期76:24、中期85:15、後期90:10とし、発酵区は期ごとにこの比率で混合して発酵飼料を調製した。

試験期間中の飼料乾物摂取量は、対照区8.78kg/日、発酵区9.26kg/日と発酵区が多かったが、日増体量は対照区の0.88kg/日に比べて発酵区0.84kg/日と劣る傾向を示した(P=0.09)。試験終了時体重は、対照区793kg、発酵区772kgで発酵区が劣る傾向にあった(P=0.14)。

枝肉格付成績では、枝肉重量は対照区503kg、発酵区482kg(P=0.63)、肉質等級は対照区3.3、発酵区3.0(P=0.63)、BMS No.は対照区4.8、発酵区4.7(P=0.93)と差がみられなかったが、ロース芯面積は対照区54.5cm²、発酵区48.2cm²(P=0.04)と発酵区が劣る値を示した。

胸最長筋の理化学分析では、水分・粗脂肪・粗蛋白質含量、pH、加熱損失、剪断力価に両区間に差がみられなかった。胸最長筋の脂肪酸割合では発酵区でパルミトリン酸が低く(P<0.01)、ステアリン酸が高い値を示した(P<0.01)。

枝肉単価は対照区1,837円/kg、発酵区1,740円/kgと両区間に差はみられなかった(P=0.39)。一頭当りの肥育に要した飼料費は対照区245,947円、発酵区165,203円と発酵飼料を用いることにより約8万円低減することができたが、枝肉販売額が対照区967,106円、発酵区885,158円と8.2万円低く、枝肉販売額と飼料費の差額は同等であった。

緒 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ている。肥育牛1頭当りの飼料費は昨今の飼料価格高騰の影響で上昇しており、黒毛和種去勢牛

肥育で28.5万円(生産費の30%)、交雑種肥育で28.6万円(50%)、乳用雄肥育で27.7万円(57%)¹⁾に及んでいる。その大部分を占める濃厚飼料(穀類)はほとんど輸入に依存しているが、トウモロコシのバイオエタノール仕向けの増加や中国等における穀物需要の上昇等を受けて、今後とも高値で推移することが予測される。そこで、肉用牛肥育のコスト削減を図るため、国内の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かつ有効に活用する方法として乳酸発酵飼料に着目し、2004年

平成23年8月31日受付

度から黒毛和種去勢牛に給与して産肉性等に及ぼす影響を検討している。

第1期試験²⁾では、食品製造副産物として、小麦ダスト、コーヒー豆薄皮、トウモロコシ、ビール粕、コーンスティックリカー等を用い、市販配合飼料や粗飼料源としてのモミガラを加えて混合・密閉貯蔵して発酵飼料を調製し、黒毛和種去勢牛4頭に給与したところ、発酵飼料の嗜好性は良好で飼料乾物摂取量が多くなったが消化率が低く、28.8ヵ月齢出荷時体重は対照区692kg、発酵区634kgと増体は市販配合飼料を給与した対照区より劣った。しかし、発酵区では枝肉成績が良好で枝肉単価は対照区より優れ、枝肉販売額は同等となる結果であった。

そこで今回の第2期試験では、第1期試験でみられた増体成績の低さを改善するため、小麦ダストに比べてエネルギー価が高い規格外のそば粉を用いて飼料のエネルギー濃度を高めたほか、用いる材料と配合割合を若干変えて発酵飼料を調製し、黒毛和種去勢牛8頭を供試して肥育試験を実施した。

材料及び方法

1. 発酵飼料の原料と飼料成分、調製

発酵飼料の原料である食品製造副産物類の種類と成分値を表1に示した。第2期試験では第1期試験で用いた小麦ダストをエネルギー価が高い規格外そば粉に、さらに、県内の食品廃棄物リサイクル会社で飼料利用されていなかった大手弁当会社から発生する可食廃棄野菜のうち、牛に連続して給与すると中毒を起こすネギ類⁴⁾を除外したものを破碎・脱水処理した野菜残さを水分及び繊維供給源とし、市販配合飼料は用いなかった。なお、試験開始前に実施した調査における廃棄野菜の内訳(重量%)は、レタス(45)・ニンジン(20)・キャベツ(15)・キュウリ(2.5)などであった。コーヒー豆薄皮のTDN含量は飼料成分表³⁾に記載されていないため、形状及び成分含量がマメ皮に似ていることから原物で63%に便宜的に設定した。

発酵飼料の各肥育期における配合割合(原物及び乾物)及び対照区と発酵区の乾物中成分値(計算値)を表2に示した。野菜残さはβ-カロテン含量が高いため、ビタミンA制御が必要な肥育中期には配合しなかった。粗飼料は、わらカッターで長さ約5cmに切断した稲わらとモミガラを用い(重量比1:1)、給与飼料の粗濃比(乾物%)は前期24.1:75.9、中期15.4:84.5、後期9.8:90.2とした。

給与飼料乾物中の飼料成分では、粗蛋白質は発酵区が2~3%程度、粗脂肪は発酵区が約3%高くなった。繊維含量が高い食品製造副産物を多く用いたため、NDF含量は対照区に比べて発酵区は10~12%高くなったが、TDNは同程度であった。β-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程度に対して、発酵区で前期4,050、中期1,100、後期2,700IU/乾物kg程度と計算され、乾物摂取量が同程度の場合で、発酵区は前期で3倍、後期で2倍、対照区よりもβ-カロテン摂取量が多くなる給与水準であった。

発酵飼料の調製は、表2に示した濃厚飼料類・食品製造副産物類・モミガラ・稲わらの全ての材料を配合割合に従って一回攪拌分を秤量し、前期と中期は1m³の2軸オーガー式飼料攪拌機で攪拌・混合しポリ製の市販モミガラ袋に詰め込み、後期以降には5m³のTMRミキサーに投入して攪拌・混合しポリ袋を内装した1m³のトランスバックに詰め込み、いずれも掃除機で抜気して密閉保存することで乳酸発酵させた。なお調製後は1ヵ月間以上貯蔵してから給与した。

表1 供試した食品製造副産物の成分値(乾物中%)

	水分	TDN	CP	脂肪	NDF	β-カロテン
トウモロコシ	75	91	26	11	37	
ビール粕	75	71	27	9	63	
コーヒー豆薄皮	10	*70	18	6	61	
規格外そば粉	11	90	11	3	21	
醤油粕	12	82	28	18	33	
糖蜜	27	83	4	0.7		
野菜残さ	91		12	2	29	350
トウモロコシ	14	92	9	4	11	1~13
ふすま	11	72	18	5	39	
稲わら	12	43	5	2	63	0~9
モミガラ	10	14	3	1	54	

注: β-カロテンは、mg/kg

出典: 日本標準飼料成分表(2001)

野菜残さは、重量測定結果と「5訂増補 食品成分表」から計算

コーヒー豆薄皮のTDNは、推定値

表2 発酵飼料の配合割合と両区の乾物中成分値(%)

発酵飼料の配合割合	前期		中期		後期	
	原物	乾物	原物	乾物	原物	乾物
圧片トウモロコシ	8.0	12.8	9.9	15.5	13.1	20.8
ふすま	8.1	13.3	10.0	16.0	9.8	15.9
規格外そば粉	8.9	14.7	11.0	17.7	10.8	17.6
コーヒー豆薄皮	6.1	10.1	7.6	12.3	7.4	12.2
トウモロコシ(生)	22.9	10.2	28.3	12.3	27.7	12.2
ビール粕(生)	10.4	6.7	12.9	8.1	12.6	8.1
野菜(粉碎・脱水)	17.0	3.1	-	-	10.9	2.0
醤油粕(乾燥)	3.0	4.1	1.2	1.5	-	-
タンカル	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.8
モミガラ	7.2	12.1	4.7	7.7	3.0	4.9
稲わら	7.4	12.0	4.9	7.7	3.1	4.9
発酵飼料の乾物%	54.0		55.4		54.7	
乾物中成分%	発酵区	対照区	発酵区	対照区	発酵区	対照区
TDN	68.3	67.9	73.5	73.2	76.6	73.2
粗蛋白質	14.1	11.9	16.5	12.9	15.1	13.4
粗脂肪	4.9	2.0	5.2	2.1	5.2	2.1
NDF	44.3	33.7	40.8	28.2	37.1	25.5
β-カロテン*	4,050	1,250	1,100	1,300	2,700	1,350

* β-カロテンは、乾物中のビタミンA換算量(IU/kg)

2. 試験区分と供試牛

試験区は、肥育の全期間に上記で調製した発酵飼料だけを給与する発酵区と、和牛肥育用市販配合飼料と粗飼料を給与する対照区の2区を設定した。対照区の粗飼料は発酵区と同じ稲わらとモミガラを用い(重量比1:1)、給与飼料の粗濃比(乾物%)も発酵区と同様とした。また、濃厚飼料は第1期試験と同じ銘柄の

ものを用いた。

9.4ヵ月齢で導入した「第2平茂勝」産子8頭の黒毛和種去勢牛を、10ヵ月齢時に対照区と発酵区の平均体重が同程度となるよう4頭ずつ配置した。両区とも11.1ヵ月齢時までは、チモシー乾草給与主体で管理し、試験開始時期の12.0ヵ月齢時までに配合飼料または発酵飼料の給与量を設定量まで徐々に増やすとともに、チモシー乾草を稲わらとモミガラに置き換えた。対照区で用いた和牛肥育用配合飼料の表示は、原料(%)：穀類60、糟糠類32、表示成分(%)：粗蛋白質12.5、粗脂肪2.0、カルシウム0.25、リン0.25、TDN72.0以上、粗繊維10.0以下であった。

供試牛は、オガクズを敷いた飼育ペン(飼槽間口4.4m×奥行き7.0m)に試験区ごとに収容して群飼育し、飲水はウォーターカップによる自由飲水、尿石症予防剤入りの鉱塩を常設した。

なお、黒毛和種で活性が高いとされる体脂肪の不飽和化を進める酵素 stearoyl-CoA desaturase (SCD) の遺伝子型分析を栃木県畜産試験場に依頼して測定した結果、対照区に配置した5号牛がVA型であった以外、その他の供試牛は不飽和化活性が高いAA型であった。

3. 試験方法と測定項目

(1) 試験期間

肥育期間は、前期(12.0～17.0ヵ月齢、5.0ヵ月間)、中期(17.0～22.6ヵ月齢、5.6ヵ月間)、後期(22.6～29.0ヵ月齢、6.4ヵ月間)に分け、計17ヵ月間とし、平均29.0ヵ月齢で屠畜した。なお、肥育試験を実施した時期は、2006年8月31日から2008年1月29日であった。

(2) 発酵飼料の発酵品質

肥育中期と後期にサンプルを6回採取した。発酵飼料原物100gに蒸留水300mlを加え、家庭用ジューサーミキサーで攪拌破碎後、ガーゼろ過液のpHを測定し、同時にろ過液10mlを採取し、等量の6%過塩素酸液を加え密栓保存し、有機酸を液体クロマトグラフィ⁶⁾を用いて測定した。

(3) 飼料摂取量

群飼育のため個体ごとの採食量は測定せず群としての摂取量を求めた。飼料の給与量は、翌日に残飼料が若干残る程度とし、発酵区では発酵飼料だけを、対照区では1日4頭分の配合飼料と稲わらとモミガラを飼料攪拌機で混合し、それぞれ朝に概ね1/3、夕方に概ね2/3を給与した。発酵飼料の乾物割合はロットごとに、配合飼料と粗飼料の乾物割合は適宜測定した。飼料給与量は毎日記録し、残飼料量を毎日秤量して65°Cの通風乾燥機を用いて乾物割合を測定し、給与乾物量から残飼料乾物量を差し引いて飼料乾物摂取量を算出した。

(4) 体重・側尺

体重は隔週ごとに木曜日の概ね午前10時に測定し、

体高、胸囲等の体尺は4週間隔個体ごとに測定した。

(5) 第一胃内容液

第一胃内容液は、各期終了時、後期の中間時、及び試験終了時に、朝の飼料給与4時間後に経口カテーテルを用いて採取し、pHを測定した後、遠心分離した上清に等量の6%過塩素酸液を加え密栓保存し、有機酸を上記の発酵飼料抽出液と同様に測定した。

(6) 血液

試験開始時、各期終了時に加えて試験開始以降8週間ごとに、真空採血管を用いて頸静脈から採血し、血漿を凍結保存後、自動血液分析機(日立7050)を用いて生化学成分を測定し、液体クロマトグラフィ⁵⁾を用いてビタミンAを分析した。

(7) 健康管理とビタミンA制御

飼料摂取状況を常時確認し、下痢や食欲不振などがみられた場合には牛用の健胃整腸剤を適宜投与した。体重測定時には陰毛への尿石付着状況を確認し、付着が多くみられた場合には尿石症治療剤を3日間経口投与した。対照区では、肥育後期にビタミンA欠乏の可能性があるため、ビタミンAD₃E製剤を23、24、26、28ヵ月齢時にビタミンA換算で各100万IU経口投与した(24ヵ月齢は50万IU)。

(8) 枝肉格付・肉質分析

試験終了時に屠畜し、右半丸の枝肉から胸最長筋(第6～8肋骨部、ロース)及び、それに接する筋組織と皮下脂肪を採取し、採材していない左半丸を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真空密閉して凍結保存した後、肉質⁷⁾(水分・粗脂肪・粗蛋白質の含量、加熱損失、剪断力価)を測定した。脂肪酸組成については、胸最長筋は家庭用フードプロセッサーでミンチ状にしたサンプル概ね3gを、皮下脂肪、筋間脂肪は概ね2gを50ml容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押しつぶして脱水した後、前報と同様に処理してガスクロマトグラフィ(カラム:chromosorbWAW10%SP-2340,温度:カラム200°C、注入部とFID230°C)を用いて測定した²⁾。

(9) 統計処理

試験結果については、一元配置法による分散分析⁸⁾により検定を行った

結 果

1. 発酵飼料の発酵品質

発酵飼料の発酵品質に関する測定結果を表3に示した。pHは3.89から4.74、原物中の有機酸割合では、乳酸が2.06から3.63%、酢酸が0.66から1.89%と変動が大きかったが、不良発酵の指標となる酪酸は0.02%以下で良好な発酵状態であった。2007年10月と11月

表3 発酵飼料の発酵状況

サンプル 採取時期	pH	発酵飼料原物中の重量割合 (%)					
		コハク酸	乳酸	酢酸	プロピオン酸	酪酸	総酸
2007年6月	3.89	0.03	2.67	0.71	0.01	0.00	3.41
2007年9月	4.06	0.09	3.34	0.78	0.01	0.02	4.23
2007年10月	4.74	0.30	2.16	1.77	0.13	0.02	4.38
2007年11月	4.70	0.39	2.06	1.89	0.18	0.02	4.55
2007年12月	4.12	0.07	3.63	0.66	0.01	0.01	4.38
2008年1月	4.00	0.06	2.62	0.67	0.00	0.01	3.36
平均	4.25	0.16	2.75	1.08	0.06	0.01	4.05
標準偏差	0.37	0.15	0.63	0.58	0.08	0.01	0.52

のサンプルでは、pHが4.7程度とやや高く、酢酸含量が高かったほか、コハク酸とプロピオン酸の含量も高かった。

2. 飼料摂取量、発育成績

期ごとの飼料乾物摂取量と日増体量、各期終了時の体重を表4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。全試験期間の飼料乾物摂取量は、対照区8.78kg/日、発酵区9.26kg/日であった。飼料摂取量の推移では、前期には発酵区が多い傾向を示したが、中期の春(5~6月)に若干低下し、その後回復した。しかし、後期には再び低下した。このように発酵区では摂取量に変動が大きかったが、特にpHと酢酸割合が高かった2007年10月末と11月のロット給与時での摂取量が低下した。また、摂取量の停滞が長引いたため、26.4ヵ月齢から稲わらを1.5~2.0kg/日(4頭当り)追加給与したところ回復したため試験終了まで稲わらの追加給与を行った。

体重は、前期は発酵区の方が重い傾向にあったが、飼料摂取量が低下し始めた21ヵ月齢頃から対照区に比べて増体が鈍り、その後は対照区の方が上回った。終了時体重は対照区793kg、発酵区772kg(P=0.14)、通算の日増体量は対照区0.88kg/日、発酵区0.84kg/

表4 飼料摂取量及び発育成績(平均値)

	乾物摂取量 ^{*1} (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
試験開始時			339	338	0.98			
前期終了時	8.60	9.53	506	517	0.97	0.99	1.06	0.78
中期終了時	8.98	8.99	648	640	0.61	0.92	0.80	0.19
終了時	8.77	9.24	793	772	0.14	0.76	0.68	0.06
通 算	8.78	9.26				0.88	0.84	0.09

※1 飼料乾物摂取量は、群飼育のため4頭合計摂取量を4で除した値

※2 体重、日増体量には、有意差なし

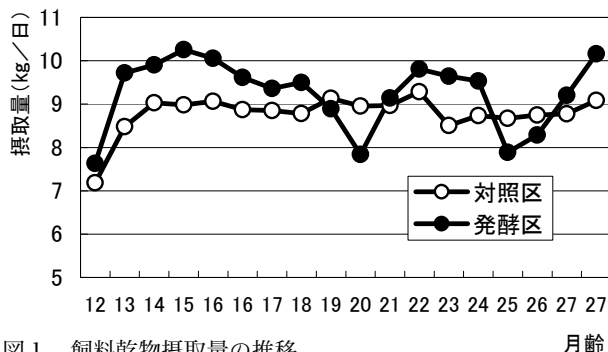


図1 飼料乾物摂取量の推移

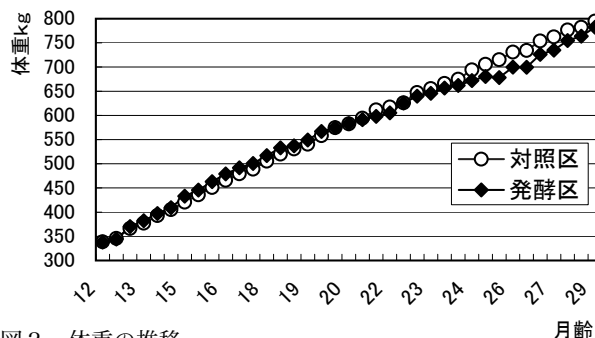


図2 体重の推移

日(P=0.09)で有意な差はみられなかったが、発酵区での発育が若干劣る傾向を示し発酵飼料のエネルギー濃度を対照区と同レベルまで高めたものの、対照区と同等の増体を得ることはできなかった。体格測定値については最終測定時である27.7ヵ月齢で、体高(対照区141.4cm、発酵区140.5cm、P=0.79)、胸深(77.2cm、79.4cm、P=0.36)、胸囲(235.5、233.0cm、P=0.63)、体長(161.9、163.2cm、P=0.79)、寛幅(50.9、51.5cm、P=0.63)に差はみられなかった。

3. 枝肉格付成績

発酵区では、出荷直前に増体が良好であった1頭が、敷料交換直後に突然死亡したため3頭の成績となった。枝肉成績の平均値を表5に、個体ごとの成績を表6に示した。

枝肉格付成績では、枝肉重量は対照区503kg、発酵区482kg(P=0.63)、肉質等級は対照区3.3、発酵区3.0(P=0.63)、バラの厚さは、対照区7.6cm、発酵区7.3cm(P=0.55)、BMS No.は対照区4.8、発酵区4.7(P=0.93)と差がみられなかったが、ロース芯面積は対照区54.5cm²、発酵区48.2cm²(P=0.04)と発酵区が劣った。

なお、枝肉単価に大きく影響するBMS No.は、対照区で4.8と第1期試験(4.8)と同程度であったが、発酵区は第1期試験(同、8.0)に比べて低く4.7と対照区と同等であった。食肉市場における枝肉単価と枝肉販売額(=左半丸販売額+右半丸枝肉重量×左半丸単価)は、それぞれ、対照区1,837円/kg、96.7万円、発酵区1,740円/kg、88.5万円と有意な差はみられなかった(P=0.39、P=0.43)。

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)	503	482	0.63
格付 (頭)	A4:1頭 A3:3頭	A4:1頭 B3:1頭 A2:1頭	
肉質等級 (平均)	3.3	3.0	0.63
ロース芯面積 (cm ²)	54.5 ^a	48.2 ^b	0.04
バラの厚さ (cm)	7.6	7.3	0.55
皮下脂肪の厚さ (cm)	2.6	2.7	0.90
BMS No.	4.8	4.7	0.93
B C S No.	3.8	3.7	0.85
枝肉単価 (円/kg)	1,837	1,740	0.39
枝肉価格 (万円)	96.7	88.5	0.43

発酵区では、出荷直前に1頭死亡
異符号間に有意差有り(P<0.05)

表6 各牛の格付成績等

牛番号	枝重 kg	肉質等級	ロース芯 cm ²	バラ厚 cm	皮下脂肪 cm	BMS	脂肪交雑	BCS	光沢	締り	きめ	BFS	枝肉単価 円/kg	販売額 円
対照区	2	562	3	51	8.5	3.0	4	3	4	3	3	3	1,710	1,009,071
	4	496	4	56	7.8	2.5	6	4	4	4	4	3	2,021	1,052,537
	5	452	3	55	7.2	1.5	5	4	4	3	4	3	1,838	872,315
	6	500	3	56	7.0	3.3	4	3	3	3	3	3	1,780	934,500
発酵区	1	518	3	46	7.9	3.8	5	4	3	4	3	4	1,710	930,069
	7	410	2	42	6.6	2.2	3	3	4	2	2	3	1,615	695,258
	8	518	4	52	7.4	2.0	6	4	4	4	4	3	1,894	1,030,147

4. 牛肉の分析値と脂肪酸組成

胸最長筋の成分組成、pH、加熱損失、剪断力価を表7に示した。水分、粗脂肪、粗蛋白質の含量、加熱損失には両区間に差はみられなかったが、肉の柔らかさを示す剪断力価は発酵区が低い値を示し、肉が柔らかい傾向 (P=0.20) がみられた。

胸最長筋、これに接する筋間脂肪、及び皮下脂肪の脂肪酸組成を表8に示した。発酵区では対照区に比べて、各部位の脂肪においてミリスチン酸 (C14:0)、ミリストレイン酸 (C14:1)、パルミチン酸 (C16:0)、パルミトレイン酸 (C16:1) が低く、ステアリン酸 (C18:0)、オレイン酸 (C18:1) が高くなる傾向がみられた。可食部である筋肉内の脂肪酸組成では、発酵区でC16:1が低く、C18:0が高かった (P<0.01)。飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸の合計では、両区間に差はみられなかった (P=0.90、P=0.89)。

表7 胸最長筋の成分値 (原物%) と測定値

		対照区	発酵区	P 値
水分	%	52.5	54.6	0.70
粗脂肪	%	30.3	27.1	0.65
粗蛋白質	%	16.1	17.0	0.59
pH		5.82	5.89	0.61
加熱損失	%	20.1	20.2	0.94
剪断力価	lb/cm ²	4.5	3.7	0.20

5. 第一胃内容液性状

試験開始時を除く平均値を表9に示した。pHは両区とも6.9弱で区間に差がなく (P=0.62)、第一胃内発酵が両区とも順調であったことが示唆された。また、発酵飼料中の乳酸含量と飼料摂取量から計算すると、発酵区では1日1頭当たり450g前後の乳酸を摂取していたことになるが、第一胃内容液中に乳酸は検出されなかった。

総揮発性脂肪酸 (VFA) 濃度は対照区 7.3 mmol/dl、

発酵区 7.6mmol/dl と差がみられなかった (P=0.63) が、VFA モル割合では発酵区では対照区に比べて、酢酸が対照区 58.3%、発酵区 61.3% (P=0.11)、酪酸が対照区 10.6%、発酵区 12.3% (P=0.12) と高い傾向を示し、プロピオン酸が対照区 26.3%、発酵区 21.8% と有意に低い値を示した (P<0.01)。

表9 第一胃内容液性状 (平均値)

		対照区	発酵区	P 値
pH		6.86	6.88	0.62
総VFA濃度	ミリモル/dl	7.3	7.6	0.63
VFA割合				
酢酸	%	58.3	61.3	0.11
プロピオン酸	%	26.3 ^A	21.8 ^B	0.005
n酪酸	%	10.6	12.3	0.12
酢酸/プロピオン酸比		2.22 ^a	2.83 ^b	0.02

注：肥育期間中の4回の測定値の平均値
異符号間に有意差有り

6. 血液性状

試験開始時から8週ごとに測定した平均値を表10に、総コレステロールの推移を図3に示した。総コレステロールは対照区 135mg/dl、発酵区 180mg/dl と発酵区が高く (P=0.02)、総コレステロールの推移は飼料乾物摂取量と同様な推移を示した。無機リンは対照区 6.7mg/dl、発酵区 6.1mg/dl と発酵区が低い値を示した (P<0.01)。その他の成分については、両区に差がみられなかった。

血漿中のビタミンA濃度の推移を図4に示した。対照区では前期から後期における推定ビタミンA摂取量は10~12千IU/日であったのに対して、発酵区では前期 38千IU/日、中期 9.9千IU/日、後期 25千IU/日と推定される。このため、ビタミンA要求量 (19~24千IU/日) を大きく超えた発酵区の肥育前期では血中ビタミンA濃度が高くなり、中期に入ってから野菜残さを含まない発酵飼料に切り替えたことで徐々

表8 胸最長筋内、筋間、皮下の脂肪の脂肪酸組成 (重量%)

脂肪酸	筋肉内脂肪			筋間脂肪			皮下脂肪		
	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	2.9	2.6	0.45	2.5 ^a	1.7 ^b	0.02	2.7	2.3	0.23
C14:1	1.5 ^a	1.1 ^b	0.02	2.2	1.1	0.06	2.6	2.0	0.12
C16:0	25.8	23.9	0.30	22.7	19.8	0.06	24.2	22.4	0.34
C16:1	6.7 ^A	5.0 ^B	0.002	8.0	5.2	0.08	9.1	7.5	0.05
C18:0	10.4 ^A	12.9 ^B	0.007	8.4	14.8	0.06	7.3	8.2	0.29
C18:1	50.2	51.9	0.53	53.5	54.7	0.36	51.4	54.5	0.25
C18:2	2.4	2.7	0.24	2.9	2.6	0.37	2.6	2.9	0.29
飽和	39.1	39.3	0.90	33.5	36.3	0.31	34.3	33.1	0.57
不飽和	60.9	60.7	0.89	66.5	63.7	0.31	65.7	66.9	0.57

異符号間に有意差有り 大文字 p<0.01、小文字 p<0.05

表10 血液性状 (平均値)

		対照区	発酵区	P 値
グルコース	mg/dl	77	74	0.43
総コレステロール	mg/dl	135 ^a	180 ^b	0.02
尿素窒素	mg/dl	15.6	17.1	0.31
AST	IU/L	57	60	0.49
カルシウム	mg/dl	9.3	9.7	0.13
無機リン	mg/dl	6.7 ^A	6.1 ^B	0.009
マグネシウム	mg/dl	2.3	2.3	0.13

注：肥育期間中の8回の測定値の平均値
 異符号間に有意差有り 大文字 p<0.01、小文字 p<0.05

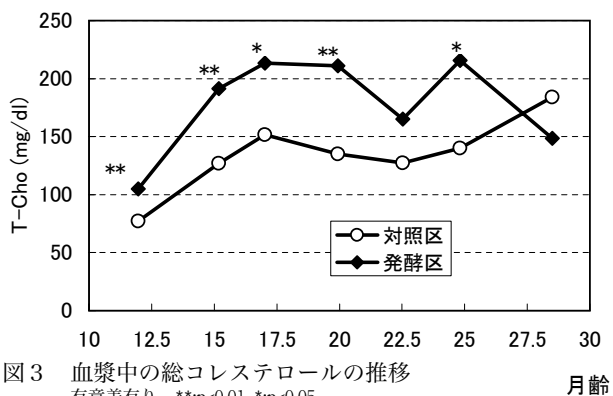


図3 血漿中の総コレステロールの推移
 有意差有り **p<0.01 *p<0.05

に低下したが、高い脂肪交雑を達成するための目標値である40~60IU/dlまで下がらなかった。対照区は発酵区よりも若干低く推移したものの、中期の初めには124IU/dlと高く、その後は55IU/dl程度に下がったもののビタミンA制御は十分でなかった。なお、後期には発酵区では野菜残さを配合し、対照区では肥育後期におけるビタミンA欠乏による採食量低下を防ぐ目的で23、24、26、28ヵ月齢にAD₃E剤をビタミンA換算で100IU投与した(26ヵ月齢は50万IU)が、血中ビタミンA濃度の上昇は認められなかった。

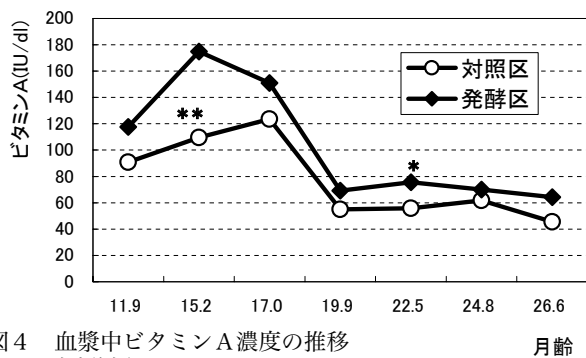


図4 血漿中ビタミンA濃度の推移
 有意差有り **p<0.01 *p<0.05

7. 疾病発生状況

肥育期間中に下痢が数回散発したため、健胃整腸剤を投与した。21ヵ月齢には両区共、若干飼料摂取量が停滞したため、AD₃E剤をビタミンA換算で30万IU投与したが、屠畜後に実施した分析ではこの時点の血中ビタミンA濃度は最低必要量とされる30~40IU¹⁰⁾を上回っており、原因はビタミンA欠乏ではなかった

と考えられる。

尿石症については陰毛への尿石付着が、17.5ヵ月齢で対照区3頭、発酵区1頭、21ヵ月齢で対照区1頭、発酵区2頭に見られたため、中期に4回、後期に1回、経口治療薬の投与をそれぞれ3日間行った。その他、重篤な疾病は発生しなかったが、試験終了直前の28.5ヵ月齢時に発酵区の3号牛が敷料交換直後に呼吸困難となり急死した。

屠畜時には、通常の食肉衛生検査以外に、第一胃・第二胃・第三胃粘膜の状態と膀胱内の尿石貯留を確認した。いずれの牛についても、廃棄となった臓器はなく、第一胃・第二胃・第三胃粘膜にも異常はなかった。膀胱内の尿石の貯留はごく僅かで、直径数mm程度の尿石が対照区の1頭で数十個程度、対照区の1頭と発酵区の2頭で10個程度貯留している程度であった。

8. 経済性の試算

飼料コストの計算に用いた発酵飼料材料の単価は、規格外そば粉・トウフ粕(乾物率25%)・コーヒ豆薄皮・モミガラ・野菜残さ(乾物率9%)を10円、ビール粕(乾物率35%)15円と、自ら引き取りに行くことを想定して低く設定した。その他は、トウモロコシ43円、フスマ30円、糖蜜97円、配合飼料50円、稲わら45円として肥育に要した1頭当たりの飼料費を計算すると、対照区：245,947円、発酵区：165,203円となり、発酵飼料の給与により飼料費を約8万円(33%)削減することができた。しかし、枝肉販売額が8.2万円ほど低かったため、飼料費を差引いた差額は、両区に差がなかった(表11)。

表11 経済性の試算 (円/頭)

	対照区	発酵区
飼料費	245,947	165,203
枝肉販売額	967,106	885,158
差額	721,159	719,955

考 察

本試験では、食品製造副産物類の中でもエネルギー濃度が高い規格外そば粉、トウフ粕の配合割合を高めて、エネルギー濃度の高い発酵飼料を調製して肥育試験を行った。ローズ芯面積を除く枝肉成績は市販配合飼料を用いた対照区と差がなかったが、増体成績、枝肉重量、枝肉単価、ローズ芯面積はやや劣る成績であった。肥育期間中の飼料乾物摂取量は発酵区の方がやや多かったことから、飼料の消化率が対照区に比べて低かったことが推察された。また、発酵区では飼料摂取量が安定せず、発酵が行われる貯蔵時の気温や貯蔵期間の違い等が発酵度合いや発酵品質に影響を及ぼし、牛の嗜好性や採食量に影響することが示唆された。また、本試験を含め我々が行った2回の発酵飼料を用いた肥育試験のいずれでも肥育後期の後半に飼料摂取量の伸び悩みが観察されてい

る。原因の特定は難しいが、第1期試験²⁾の発酵区では中期終了時以降の血中ビタミンAが30IU/dlを下回っておりビタミンA欠乏が一つの要因と考えられるが、本試験ではビタミンA欠乏は無かった。一方、本試験では摂取量が低下した時期の発酵飼料に酢酸の上昇及びコハク酸とプロピオン酸の若干の上昇が認められ、乳酸以外の有機酸の多さあるいは発酵パターンの違いが摂取量を低下させた一つの原因かとも思われた。

本試験では、肥育後期の後半にみられた飼料摂取量低下時に稲わらを少量追加給与することにより摂取量が回復した。給与する粗飼料の全てを混合し発酵調製したため、貯蔵中に稲わらが水分を吸って粗剛性が低下し、これが採食量に影響したことも考えられる。給与飼料中の繊維が不足すると第一胃内発酵が不安定となって飼料摂取量が低下するが、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に必要な飼料乾物中繊維(NDF)含量の目安は、前期30%、中期25%、後期20%以上といわれており⁹⁾、本試験の対照区はこの値よりも数%高く設定し、さらに発酵区では食品製造副産物由来の繊維割合も加わり対照区よりも10%程度高かった。第一胃内容液のpHは6.9程度と高く、酢酸比率でも対照区で58.3%、発酵区で61.3%といずれも高い値を示し、さらに屠畜時における内臓調査で第一胃粘膜は正常であったことから、繊維の給与不足は無かったことが示唆される。しかし、少量の稲わらの追加給与が有効であったことから、本試験のように給与粗飼料の全てを一緒に混合して調製した発酵飼料による肥育で、特に粗飼料給与割合が低い肥育後期において摂取量の停滞がみられた場合には、分離給与時よりも粗飼料給与割合を若干高めると、発酵飼料の他に牛が自由に食べられる稲わら等の粗飼料を少量飼槽に置いておくことが有効であると思われた。

トウフ粕やビール粕は粗脂肪含量が比較的高いため、本試験においても発酵区では飼料中の粗脂肪含量が対照区に比べて3%ほど高くなった。発酵区では牛肉中の炭素数16以下の脂肪酸が減り、ステアリン酸(C18:0)とオレイン酸(C18:1)が高くなる傾向がみられた。また、血漿中の総コレステロールが高くなったが、これらは発酵区の脂肪給与量が多かった影響と考えられた。

本試験における胸最長筋の脂肪交雑(BMS No.)は、対照区4.8、発酵区4.7とやや低かった。黒毛和種去勢牛肥育において脂肪交雑を高めるには、16ヵ月齢以前から肝臓中のビタミンA貯蔵量を減少させ、16~21ヵ月齢における血中ビタミンA濃度を40~60IU/dlに制御する必要があるが、16ヵ月齢におけるビタミンA濃度が80IU/dl以上であるとBMS No.が6以下と脂肪交雑が低くなるという報告⁹⁾もある。第1期試験における発酵区のBMS No.は8.0と本試験よりも高かったが、21.8ヵ月齢における血中ビタミンA濃度は発酵区30IU/dlと低かった。本試験では肥育前期にβ-カロテン含量が高い

野菜残さを配合したこと、中期を17ヵ月齢からとしたためにビタミンA制御開始が遅れたことから、対照区、発酵区とも16ヵ月齢時の血中ビタミンA濃度が120~150IU/dlと高く、その後も目標濃度よりも若干高く推移したため、脂肪交雑が低くなったことが考えられた。

また、肥育後期における血中総コレステロールが高い牛では脂肪交雑が高くなる^{10, 11)}といわれているが、今回の試験では肥育後期の総コレステロールと脂肪交雑(BMS No.)との相関係数は0.24と低く、そのような傾向はみられなかった。肥育牛に牛脂粉末を給与すると血中総コレステロールが上昇するが脂肪交雑には影響しなかったという報告¹¹⁾もあり、本試験の発酵区における総コレステロールの高さは飼料中の粗脂肪含量の多さを反映したものと考えられた。

なお、後期には発酵区では野菜残さを配合し、対照区では肥育後期におけるビタミンA欠乏による採食量低下を防ぐ目的で23、24、26、28ヵ月齢にAD₃E剤を投与したが、血中ビタミンA濃度の上昇は認められず、同様な傾向は第1期試験でもみられた。第1期試験では、肥育後期における肝機能の指標である血中AST濃度が対照区120IU/L、発酵区195IU/Lと高く肝機能の低下が示唆されたが、本試験では血中AST濃度は両区とも肥育後期で58IU/Lと異常値ではなく原因は明らかではない。

尿石症については、本試験では膀胱中に尿石がほとんど認められなかった。群馬県を主査とする本県他4県の共同肥育試験では、リン含量が比較的高いフスマを前期40%、後期24%配合した濃厚飼料に尿石の材料となるリン及びマグネシウム含量が比較的高い米ぬか、または、脱脂米ぬかを8%添加し尿石症が多発した¹²⁾が、このときの血漿中無機リンは7.7mg/dlであった。今回の試験で尿石症が少なかったのは、そば粉(リン含量は原物中0.4%)¹³⁾、トウフ粕(同0.1%)³⁾などのリン含量が低く、血漿中の無機リン濃度も対照区6.7、発酵区6.1mg/dlと上記試験に比べて低く、リン摂取量が低かったことが要因の一つと考えられた。

以上のように、食品製造副産物を活用した発酵飼料は、水分含量を40~50%程度に調整してポリ袋を内装したトランスパック等に詰め込んで密閉貯蔵することで乳酸主体の良好な発酵品質が得られ、肥育牛の嗜好性も配合飼料と比較して遜色がなく、エネルギー価の高い材料を選んでTDN濃度を配合飼料給与時と同等レベルとし、さらに飼料中の粗蛋白質、繊維、粗脂肪含量を適切に設定すれば配合飼料給与体系に近い増体及び枝肉格付成績を得ることができることが示唆されたが、発酵品質の低下等によっては摂取量が低下することがあり増体成績を低下させるので注意を要する。

食品製造副産物では繊維含量が高いものも多いが、これらの繊維は牧草と比べて牛の反すうを刺激する粗剛性が30~50%程度と低い⁹⁾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。ただし、本試験では粗飼料割合が少ない肥育後期において発酵区では飼料摂取量の低下がみられ、少量の稲わらの追加給与で摂取量が改善されたことから、粗飼料を発酵飼料中に混合すると水分を吸って柔らかくなり、肥育牛の第一胃内発酵や飼料摂取量を正常に維持するのに不可欠な粗剛性が低下することが示唆された。

引用文献

- 1) 平成21年度畜産物生産費(平成23年7月)、農林水産省大臣官房統計部:26-28
- 2) 石崎重信・山田真希夫(2007)、千葉畜セ研報7:1-7
- 3) 日本標準飼料成分表(2001)、中央畜産会
- 4) 其田三夫監修(1983)、主要症状を基礎にした牛の臨床 改定増補第2版、デイリーマン社:369-371
- 5) 日本ビタミン学会編、ビタミン学実験法〔I〕脂溶性ビタミン(1983)、東京化学同人:25
- 6) 渡邊晴生(1998)、千葉畜セ研報22:33-37
- 7) ㈱畜産技術協会(2003)、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
- 8) 吉田実(1975)、畜産を中心とする実験計画法、(株)養賢堂:69-86
- 9) 日本飼養標準 肉用牛(2008)、中央畜産会:93-112
- 10) 伊藤 貢・広岡博之(2003)、日畜会報74(1):43-49
- 11) 矢野秀雄・平井静・北川政幸(2004)、栄養生理研究会報48(2):87
- 12) 有路優子(2008)、平成19年度試験研究成果発表会資料(酪農・肉牛):8-15
- 13) 香川芳子監修(2009)、5訂増補食品成分表、女子栄養大学出版部:20