NDF と脂肪含有量に富む食品製造副産物の給与が 泌乳前期の乳生産に及ぼす影響

古賀照章・齊藤友喜¹・吉田宮雄・石崎重信²・室井章一³・関 誠⁴・
清水景子⁵・加藤泰之⁶・内田哲二⁷・砂長伸司¹・木村容子¹・川嶋賢二²・
竹中昭雄⁸・永西 修⁸・寺田文典⁸

長野県畜産試験場, 塩尻市 399-0711

¹群馬県畜産試験場, 群馬県富士見村 371-0103

²千葉県畜産センター, 八街市 289-1113

³栃木県酪農試験場, 栃木県西那須野町 329-2747

⁴新潟県農業総合研究所畜産研究センター, 新潟県下田村 955-0143

⁵山梨県酪農試験場, 山梨県長坂町 408-0021

⁶愛知県農業総合試験場, 愛知県長久手町 480-1193

⁷東京都畜産試験場, 青梅市 198-0024

⁸畜産草地研究所, 茨城県筑波農林研究団地 305-0901

(2001. 1. 15 受付, 2001. 5. 16 受理)

要 約 2産以上のホルスタイン種泌乳牛 68頭を用いて、食品製造副産物の給与が乳生産および生理諸元に及ぼす影響について検討した。対照区として食品製造副産物（豆腐粕・ビール粕・生米糠）を含まない区（LB区）、試験区としてこれらの食品製造副産物を多給（乾物として25.6%）した区（HB区）とその中間（乾物として12.8%）である区（MB区）を設け、分娩後15週間の飼養試験を8都県の試験場で行った。その結果は試験場をブロックとする乱塊法で解析した。供試牛の体重と乾物摂取量は試験区間に差はなかった。食品製造副産物の給与割合が増加するほど飼料中の総エネルギー含量は多くなったが、エネルギー消化率は低くなり、可消化エネルギー摂取量では試験区間に差はなかった。乳量はHB区がLB区に比べ少なく（ $P<0.05$ ）、乳脂率はHB区、MB区がLB区に比べ高かった（ $P<0.05$ ）。4%乳脂補正乳量ではHB区がLB区に比べ少ない傾向が見られた（ $P<0.10$ ）。特にHB区の乳生産が劣った原因として、飼料中の非繊維性炭水化物（NFC）が少なく、粗脂肪が多かったため、ルーメンにおける微生物の活動が低下した可能性が推察された。以上のことから、豆腐粕・ビール粕・生米糠を泌乳前期の高泌乳牛に与える場合、1割程度の配合割合が望ましいと考えられ、さらに配合割合を増す場合は、NFCや粗脂肪含量に配慮すべきことが示された。

日本畜産学会報, 72 (9) : J351-J358, 2001

食品などの製造時に生じる副産物は、古くから乳牛の飼料として利用するための研究がなされてきた²⁰⁾。食品製造副産物は、栄養成分に偏りがあるものの、その栄養価は優れているものが多い¹³⁾。また、環境保全や資源循環の観点からも、食品製造副産物の飼料利用は重要であると考えられる。しかし、近年、生乳取引において、高い乳脂肪率と無脂固形分率が求められている¹⁹⁾ことから、これらの乳成分率にしばしば悪影響を及ぼす食品製

造副産物の利用は敬遠される傾向にある。食品製造副産物を乳牛に給与した研究は、外国において報告されている^{2,11,17)}が、供試した乳牛が泌乳中期で日乳量が低かったり、泌乳前期で日乳量が多いが乳脂率が3%程度と低いなど、わが国の酪農経営に活用するには必ずしも有益な情報となっていない。また、日本特有の食品製造副産物である豆腐粕や米糠を用いた報告は見られない。

そこで、本研究では、8都県共同で、乳牛が泌乳量にみ

連絡者：古賀照章（fax : 0263-51-1316, e-mail : koga@chikushi.pref.nagano.jp）

あった栄養素を充足しがたい泌乳前期に、わが国において資源量が豊富であるとされている豆腐粕・ビール粕・米糠を用いた食品製造副産物の給与試験を行い、その活用方法について検討した。

材料および方法

試験飼料

対照区として食品製造副産物（豆腐粕・ビール粕・生米糠）を含まない区（LB区）、試験区としてこれらの食品製造副産物を多給した区（HB区）とその中間である区（MB区）を設けた。なお、本研究では食品製造副産物のわが国における資源量⁸⁾と流通実態とを勘案して、豆腐粕・ビール粕・生米糠は乾物として41:24:35の割合で調整したものを用いた。これらの他、大豆粕やふすま、ビートパルプなども広義には食品製造副産物であるが、一般的に流通しているこれらのものはここでは食品製造副産物と区別した。

試験飼料の混合割合と成分値を表1に示した。食品製造副産物の割合を増すにつれ、大豆粕と圧片トウモロコシを減じ、飼料全体の粗タンパク質とTDN濃度が一定になるようにした。乾草は各区とも一定の量とした。乾草以外の飼料は同一工場で製造したものを、豆腐粕とビール粕は乾燥したものを配合した。また、乾草は、同じロットの輸入乾草を同一工場で3cmの長さに切断し、粉状部分を除いて用いた。

供試家畜

群馬、千葉、栃木、東京、山梨、愛知、新潟、長野の8都県の公立試験場で飼養する2産以上のホルスタイン種泌乳牛を、1試験区あたり3頭づつ計72頭用いた。試験終了までに事故等により千葉、栃木、愛知、新潟の4県で各1頭が試験中止となったため、最終的に68頭を用いた。供試牛は、試験区間で牛の泌乳能力に差が出ないように、前産次の泌乳成績に基づいて、各試験区に配置した。

飼養管理

分娩3週間前から試験飼料の給与を開始した。分娩前は、所定の混合割合より乾草は多く、乾草以外の飼料は少なく給与し、分娩が近づくにつれて所定の混合割合に近づけた。分娩から分娩4日後までは試験飼料を徐々に増給した。分娩5日以降は、10%の残飼が見込める量を不断給餌した。供試飼料は、水分が40%程度になるよう毎日加水混合し、混合飼料の形態で給与した。

測定項目

体重は毎週1回測定した。飼料摂取量は給与量と残飼量を毎日秤量し、その一部を乾燥して乾物摂取量を算出

Table 1. Ingredient and nutrient composition of Low by-product (LB), Medium by-product (MB), High by-product (HB) diets

Composition	LB	MB	HB
Ingredient	-----(% of DM)-----		
Timothy hay	15.7	15.7	15.6
Alfalfa hay	16.5	16.4	16.3
Rolled maize	29.4	21.4	13.6
Soybean meal	10.1	6.0	2.0
Tofu cake	0.0	5.2	10.4
Brewers grain	0.0	3.1	6.2
Full-fat rice bran	0.0	4.5	9.0
Beet pulp	9.1	9.0	9.0
Cottonseed with lint	8.4	8.4	8.3
Wheat bran	4.9	4.4	3.9
Linseed meal	2.0	2.0	2.0
Molasses beet	1.7	1.7	1.6
Calcium carbonate	0.3	0.7	1.0
Tricalcium phosphate	0.7	0.3	0.0
Salt	0.4	0.4	0.4
Mineral & Vitamin supplement ¹⁾	0.7	0.7	0.7
Nutrient composition	-----(% of DM)-----		
Crude protein (CP)	16.3	17.4	16.4
Ether extracts (EE)	5.1	6.5	7.5
Neutral detergent fiber (NDF)	34.0	34.9	38.6
Non-fibrous carbohydrate (NFC) ²⁾	37.8	32.6	29.7
Gross energy (Mcal/kg DM)	4.57	4.60	4.72

¹⁾ Trace minerals (contained 0.44% Fe, 0.35% Cu, 0.46% Zn, 0.33% Mn, 0.005% Co, 0.13% Mg, 0.04% I) and vitamin A, D, E (contained 2,816 IU/g vitamin A, 264 IU/g vitamin D3 and 2.2 mg/g DL- α tocopherol acetate) mixture.

²⁾ NFC = 100 - (CP + EE + NDF + Ash).

した。乳量は1日2回の搾乳時に計測し、毎週1日分について乳成分の測定をミルコスカン（Foss Electric社、デンマーク）で、体細胞数の測定をフォソマチック（Foss Electric社）で行った。これらの測定結果は分娩後5日目を第1日とした15週間について集計した。

また5, 9, 13週には血液を頸静脈から、ルーメン内容液は経口カテーテルを用いて、いずれも採食3~4時間後に採取した。採血はヘパリンナトリウム入りの採血管を用いた。採血後、直ちに氷冷し5°C, 3,000rpmで10分

Table 2. Effects of dietary by-products level on body weight (BW), dry matter intake (DMI) and production parameters

	LB		MB		HB		P
	Lsmeans	SE ¹⁾	Lsmeans	SE	Lsmeans	SE	
(Number of cows)	(24)		(22)		(22)		
BW, kg	631	12	641	12	649	12	0.601
BW, 15 w/1 w ²⁾	1.03	0.01	1.03	0.01	1.05	0.01	0.370
DMI, kg/d	23.4	0.4	22.6	0.5	23.2	0.5	0.450
Milk yield, kg/d	40.8 ^{a3)}	0.9	38.8	1.0	36.6 ^b	1.0	0.013
Milk fat, %	3.57 ^a	0.06	3.77 ^b	0.07	3.82 ^b	0.07	0.023
Milk fat, g/d	1,445	33	1,458	34	1,391	34	0.350
Milk protein, %	2.97	0.04	2.99	0.04	3.00	0.04	0.813
Milk protein, g/d	1,207 ^a	25	1,160	27	1,092 ^b	27	0.011
Lactose, %	4.53	0.02	4.59	0.03	4.53	0.03	0.169
Lactose, g/d	1,844 ^a	42	1,781 ^a	44	1,655 ^b	44	0.010
4% FCM ⁴⁾ , kg/d	38.0	0.8	37.4	0.8	35.5	0.8	0.098

LB : Low by-product, MB : Medium by-product, HB : High by-product

¹⁾ Standard Error.²⁾ Rate of BW at 15 wk : 1 wk in milk.³⁾ Means in the same row with different superscript were significantly different ($P < 0.05$).⁴⁾ FCM = (0.4 * kg of milk) + (15 * kg of milk fat).

遠心して得た血漿は、分析に供するまで -20°C 以下で凍結保存した。これを解凍し自動生化学分析装置(7040型, 日立製作所, 東京)を用いグルコース, 総タンパク質, 尿素窒素, 脂質成分等について分析した。ルーメン内容液は, 5°C , 3,000 rpm で5分遠心した上清について, pHをガラス電極pH計で測定した後, -20°C 以下で凍結保存した。これを解凍し, 揮発性脂肪酸(VFA)をガスクロマトグラフ(カラム: FAL-M, 島津製作所, 京都)を用い, アンモニア態窒素をインドフェノール法(Weatherburnの簡便法)²¹⁾により, それぞれ分析した。

消化試験

群馬, 千葉, 栃木, 東京, 長野で用いた供試牛のうち33頭については, 16~17週目に全糞採取による消化試験を行った。飼料給与量は残飼がでない程度に制限し, 糞の採取は3日間行った。飼料と糞は, 乾燥・粉碎後, 分析に供した。繊維分画は畜産試験場研究資料¹⁾に基づき分析した。熱量は燃研式自動ボンベ熱量計(CA4P-J, 島津製作所, 京都)を用いて測定した。

統計解析

飼料を処理因子, 試験場をブロック因子とした乱塊法による分散分析¹⁸⁾を行った。F検定により有意差が認められた場合には, さらに最小有意差法により多重比較を行った。

結 果

供試牛の体重, 乾物摂取量(DMI), 乳量および乳成分について試験期間中の平均値と標準誤差を表2に示した。体重とDMIは試験区間に差はなく, 体重あたりのDMIについても同様であった。乳量はHB区がLB区に比べ少なかった($P < 0.05$)。乳脂率はHB, MB区がLB区に比べ高かった($P < 0.05$)。一方, 乳脂肪量では差はなかった。4%補正乳量ではHB区がLB区に比べ少ない傾向が見られた($P < 0.10$)。また, 乳タンパク質率, 乳糖率については違いはなかったが, 乳タンパク質量, 乳糖量ではHB区がLB区に比べ少なかった。($P < 0.05$)。

ルーメン内容液性状の5, 9, 13週の平均値と標準誤差を表3に示した。総VFA濃度はHB区が他に比べ少なかった($P < 0.01$)。VFAの組成は試験区間に差が見られ, 酢酸/プロピオン酸比率ではHB区がLB区に比べ高かった($P < 0.05$)。一方, pHは試験区間に差はなかった。

血漿代謝産物濃度の5, 9, 13週の平均値と標準誤差を表4に示した。尿素態窒素, 総コレステロール, リン脂質およびトリグリセライドについてHB, MB区はLB区に比べ高かった($P < 0.01$)。一方, グルコース, 総タンパク質, アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ

Table 3. Effects of dietary by-products level on ruminal pH, ammonia, and volatile fatty acids (VFA) concentration

	LB		MB		HB		P
	Lsmeans	SE ¹⁾	Lsmeans	SE	Lsmeans	SE	
pH	6.75	0.02	6.72	0.02	6.73	0.02	0.704
NH ₃ , mg/dl	7.6	0.4	8.8	0.4	7.3	0.4	0.051
Total VFA, mM/dl	8.69 ^{A2)}	0.12	8.88 ^A	0.13	8.10 ^B	0.13	0.001
Acetate, mol/100 mol	58.9 ^a	0.3	59.7	0.4	60.4 ^b	0.4	0.014
Propionate, mol/100 mol	24.4 ^a	0.3	23.5 ^b	0.3	23.3 ^b	0.3	0.025
Butyrate, mol/100 mol	13.0	0.2	13.2	0.2	12.8	0.2	0.345
Acetate : propionate	2.44 ^a	0.04	2.56	0.05	2.61 ^b	0.05	0.024

LB : Low by-product, MB : Medium by-product, HB : High by-product

Average of ruminal fluid samples taken at 5, 9, 13 wk in milk.

¹⁾ Standard Error.²⁾ Means in the same row with different superscript were significantly different (a, b : P<0.05, A, B : P<0.01).

Table 4. Effects of dietary by-products level on plasma composition

	LB		MB		HB		P
	Lsmeans	SE ¹⁾	Lsmeans	SE	Lsmeans	SE	
Glucose, mg/dl	56.8	0.7	58.0	0.7	57.4	0.7	0.491
Total protein, g/dl	6.6	0.1	6.8	0.2	6.8	0.2	0.464
Urea nitrogen, mg/dl	14.3 ^{A2)}	0.6	16.8 ^B	0.6	16.5 ^B	0.6	0.005
Total cholesterol, mg/dl	193 ^A	9	236 ^B	9	233 ^B	9	0.003
Phospho-lipid, mg/dl	218 ^A	9	258 ^B	9	257 ^B	9	0.003
Triglyceride, mg/dl	8.5 ^A	0.4	11.0 ^B	0.4	12.0 ^B	0.4	0.001
GOT ³⁾ , IU/l	98.7	5.4	102.6	5.6	102.6	5.6	0.845

LB : Low by-product, MB : Medium by-product, HB : High by-product

Average of plasma samples taken at 5, 9, 13 wk in milk.

¹⁾ Standard Error.²⁾ Means in the same row with different superscript were significantly different (P<0.01).³⁾ Glutamate oxalacetic acid transaminase.

(GOT)については試験区間に差はなかった。

供試飼料の消化率およびエネルギー摂取量の平均値と標準誤差を表5に示した。乾物消化率、細胞内容物(OCC)消化率およびエネルギー消化率はHBおよびMB区がLB区に比べ低かった(P<0.01)。飼料の可消化エネルギー(DE)含量は、HB区とLB区の間には差は見られず、MB区のみ低い傾向であった(P<0.10)。消化試験により得たDE含量を用いて求めた、飼養試験期間中のDE摂取量は、HB, MB, LB区の順に74.8, 67.2, 73.5 (Mcal/d)であり、差は見られなかった(P=0.18)。

考 察

3試験区の飼料成分含量を比較すると、HB, MB区はLB区に比べ、飼料中の中性デタージェント繊維(NDF)や粗脂肪含量が多く、非繊維性炭水化物(NFC)含量は少なかった。

飼料中のNDF含量はDMIと関連があり⁹⁾、NDF含量が多いほどDMIは減少する。DMIが減少すると摂取エネルギーの不足をきたすことから、高泌乳時のNDF含量は35%程度が望ましいとする報告³⁾がある。しか

Table 5. Effects of dietary by-products level on apparent digestibility of nutrients in the total tract of cows and digestible energy (DE)

	LB		MB		HB		P
	Lsmeans	SE ¹⁾	Lsmeans	SE	Lsmeans	SE	
(Number of cows)	(11)		(10)		(12)		
apparent digestibility, %							
Dry matter	69.9 ^{A2)}	0.6	67.3 ^B	0.7	67.1 ^B	0.6	0.003
OCC ³⁾	87.9 ^A	0.3	86.5 ^B	0.4	86.0 ^B	0.3	0.001
NDF	46.5	1.3	45.9	1.4	49.9	1.2	0.062
Energy	69.1 ^A	0.7	66.1 ^B	0.8	66.5 ^B	0.7	0.006
DE, Mcal/kg DM	3.16	0.04	3.04	0.04	3.13	0.04	0.062

LB : Low by-product, MB : Medium by-product, HB : High by-product

¹⁾ Standard Error.²⁾ Means in the same row with different superscript were significantly different ($P < 0.01$).³⁾ Organic cellular contents.

し、本研究においては、食品製造副産物の多給によって NDF 含量が増加しても DMI に差はなく (表 2)、DE 摂取量も同様 (表 5) であった。Mowrey ら¹¹⁾ はコーングルテンフィード・大豆皮・ホイトミドリリングスを用いた試験で、NDF 含量が 32.3~37.8% の時、DMI に影響はなかったと報告している。一方、Batajoo と Shaver²⁾ は、ビール粕・大豆皮・ホイトミドリリングスを用いた試験で、NDF 含量が 28.2~42.9% の時、DMI と負の直線関係があったことを報告している。以上のことから、食品製造副産物の給与による NDF 含量の 5% 程度の違いは、DMI に影響を及ぼさないと考えられる。その理由として、食品製造副産物由来の NDF は粒度が小さく、粗飼料由来の NDF よりも消化速度と消化管内通過速度が速いと推察され、ルーメン内に長時間、滞留しないことが考えられる。

飼料中の NFC はルーメン微生物のエネルギー源であり、Nocek と Russell¹²⁾ は、その含量が 40% の時にもっとも乳量が多くなると報告している。これに比較して、MB、HB 区の NFC 含量は 32.6、29.7% と少なかった。この NFC 含量は NDF 中のタンパク質を補正していないため、補正後の NFC 含量はこれらの値より 2~3% 多いと予想される。しかし、その場合でも、HB 区では NFC が少なかった可能性が示唆される。NFC 摂取量が少ない場合、ルーメンにおける微生物タンパク質合成量が減少し、その影響を受けて乳タンパク質の合成量が減少する²⁾。また、ルーメンにおけるプロピオン酸生成量の減少²⁾ や肝臓での糖新生量が減少し、その影響を受けて乳糖の合成量が減少することも予測される。表 2 に示

した HB 区における乳タンパク質と乳糖の産生量の減少は、その予測を裏付けるものである。さらに、HB 区におけるルーメン内容液の酢酸/プロピオン酸比率が高いこと、総 VFA 濃度が低いことも矛盾しない (表 3)。これらのことから、食品製造副産物を飼料に用いる場合、乾物中の NFC 含量を少なくとも MB 区程度 (33%) にする必要があると考えられる。

脂肪は、第一胃内微生物叢およびその活性に影響を及ぼし、繊維の消化率を低下させたりすることから、飼料の乾物中脂肪含量は、5~6% 以下にすべきとされている¹⁴⁾。その値と比較して、HB 区の飼料中脂肪含量は明らかに多く、血中の脂質成分濃度が高かった (表 4) こともこれに起因している。これらの結果から、HB 区ではルーメン微生物活動の低下が危惧される。一方、全消化管の NDF 消化率は HB 区が高い傾向にあった ($P < 0.10$, 表 5)。Pantoja ら¹⁵⁾ は、不飽和脂肪酸の過剰な摂取は、ルーメン微生物の活動に負の影響を及ぼし、ルーメンにおける NDF 消化率は低下するが、全消化管における NDF 消化率に影響はなかったと報告している。HB 区の脂肪の増加は主に豆腐粕と生米糠の脂肪に由来し、これら植物由来の脂肪は一般に不飽和脂肪酸を多く含む⁹⁾。しかし、本研究では、脂肪の飽和度およびルーメンにおける NDF 消化率は測定していないため、その点は不明である。HB 区の NDF 消化率が高い傾向を示したことは、食品製造副産物の NDF 消化率が高いためと推察されるが、脂肪の多給によりルーメンでの分解を免れた NDF が大腸の細菌の作用を受けたため、脂肪を添加することで大腸での NDF 消化率が高まった¹⁵⁾ 可能性も

考えられる。

脂肪は炭水化物に比べ約2倍のエネルギーを供給するため、脂肪含量の多いHB区は総エネルギー含量が多かった(表1)。さらに、DMIは試験区間に差がなかったことから(表2)、エネルギー摂取の点からはHB区の泌乳成績がもっとも良いと予想される。しかし、HB区はエネルギー消化率が低く、DE摂取量はLB区と差がなかった。HB区のエネルギー消化率が低かった原因として、豆腐粕・ビール粕・生米糠のOCC消化率が大豆粕・圧片トウモロコシのそれより低いと考えられる。家木ら⁴⁾は、米糠を育成牛に給与した場合、米糠の不飽和脂肪酸がルーメン内で生物的水素添加されて飽和脂肪酸が増えるため、小腸における脂肪酸の消化率が低下すると報告している。このような現象が本試験においても起こった可能性が推察される。

HB区は、LB区に比べDE摂取量は変わらないが産乳量が劣った。その原因として、尿中エネルギーや熱増加の違いのほかに、正味エネルギーが乳生産と増体に利用される比率に違いがあると考えられる。過剰なタンパク質の給与は尿中窒素排泄量の増加をもたらす²²⁾。また、粗飼料の多給は熱増加による損失が大きい¹⁰⁾。しかし、本研究では、飼料中のタンパク質含量や粗飼料の比率は試験区間でほぼ一定にした。一方、分娩後1週次の体重に対する分娩後15週次の体重の比率は、有意な差がなかったもののHB区は、LB区に比べやや高い値であった(表2)。Pantojaら¹⁶⁾は、飼料中の脂肪の不飽和度が増すにつれて、分娩後におけるボディコンディションスコアの回復が早いと報告している。その理由について明白に述べていないが、脂肪の不飽和度が増すに従ってDMIが増加しても、産乳量は増加しなかったためと推察される。この結果は、飼料構成や成分によって、乳生産と増体に利用される飼料エネルギーの比率が変化することを示唆しており、本研究においてもこのような現象があったと推察される。この分配比率に及ぼす要因を明らかにすることは、今後の大きな検討課題であろう。

結論として、豆腐粕・ビール粕・生米糠を泌乳前期の高泌乳牛に与える場合、HB区程度の配合割合(26%)は乳生産量が減少する傾向にあることから、MB区程度(13%)に抑えることが望ましいと考えられる。ただし、豆腐粕・ビール粕・生米糠が安価に入手できる条件下では、コスト的にHB区でも十分採算がとれる。また、食品製造副産物のルーメンでの発酵特性は、穀類や牧草と異なる⁷⁾が、その特性を生かし穀類の一部と代替することで、高いエネルギー含量を維持するとともに急激なルーメン発酵を抑えることが可能であろう⁶⁾。このよう

な観点から、食品製造副産物の割合をHB区程度まで高め、これを積極的に活用するためには、その際の適正な栄養成分含量、特にNFCや粗脂肪含量についてさらに詳細に検討する必要がある。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、母牛の管理をしていただいた群馬、千葉、栃木、東京、山梨、愛知、新潟、長野の8都県の公立試験場農場職員の方々に、心より感謝いたします。なお、本研究は著者らの他に、阿久津充(栃木酪試)、平島勝教(山梨酪試)、小澤克敏(愛知農総試)、富田恭正(東京畜試)が参画した。

文 献

- 1) 阿部 亮. 炭水化物成分を中心とした飼料分析法とその飼料栄養価評価法への応用. 畜産試験場研究資料, 2: 1-34. 1988.
- 2) Batajoo KK, Shaver RD. Impact of nonfiber carbohydrate on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 77: 1580-1588. 1994.
- 3) 藤城清司・新城恒二・玉江俊嗣・石崎重信・杉本 裕・三井安麿・細谷 肇・斎藤季彦・関口 博・山本藤生・川手日出子・坂寄康夫・後藤幸雄・本沢延介・田崎稔・杉本宏之・桜井和巳・仲沢太一・興水佳哉・小柴哲也・苦米地達生・須藤平次郎・斎藤友喜・石田豊・吉田宮雄・井出忠彦・三井一平・中田基家・杉浦 了・高橋昭彦・川村悌志・加藤泰之・板橋久雄・小林 剛・松本光人・竹中昭雄・柴田正貴・寺田文典・阿部 亮・梶川博・針生程吉・上家 哲. 「乳牛における繊維澱粉質飼料の効率的給与と技術の確立」に関する研究. 千葉県畜産センター特別研究報告, 2: 1-106. 1991.
- 4) 家木 一・趙 胤・谷口幸三・小櫃剛人. 未脱脂米糠を給与した去勢牛における脂肪酸の反芻胃内消長と小腸内消化. *日本畜産学会報*, 68: 860-868. 1997.
- 5) 科学技術庁資源調査会. 日本食品標準成分表4訂版. 大蔵省印刷局. 東京. 1983.
- 6) Kajikawa H, Odai M, Saitoh M, Takahashi T, Tano R, Abe H, Abe A. Effects of sugarbeet pulp on ruminal and lactation performances of cows having different rumen fermentation patterns. *Animal Feed Science Technology*, 31: 91-104. 1990.
- 7) 梶川 博・大串正明・土屋いずみ・甘利雅弘・榎木茂彦. 飼料のルーメン内発酵特性の *in vitro* 評価法. *日本畜産学会報*, 64: 909-917. 1993.
- 8) 梶川 博. わが国における副産物飼料の利用と特性. 畜産の研究, 50: 599-605. 1996.
- 9) Mertens DR. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, 64: 1548-1558. 1987.
- 10) 森本 宏・家畜栄養学. 改訂第14版. 282-285. 養賢堂. 東京. 1984.
- 11) Mowrey A, Eilersieck MR, Spain JN. Effect of fibrous

- by-products on production and ruminal fermentation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82 : 2709-2715. 1999.
- 12) Nocek JE, Russell JB. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *Journal of Dairy Science*, 71 : 2070-2107. 1988.
- 13) 農林水産省農林水産技術会議事務局. 日本標準飼料成分表. 80-90, 144-154. 中央畜産会. 東京. 1995.
- 14) 農林水産省農林水産技術会議事務局. 日本飼養標準・乳牛 (1999 年版). 78-79. 中央畜産会. 東京. 1999.
- 15) Pantoja J, Firkins JL, Eastridge ML, Hull BL. Effects of fat saturation and source of fiber on site of nutrient digestion and milk production by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 77 : 2341-2356. 1994.
- 16) Pantoja J, Firkins JL, Eastridge ML. Fatty acid digestibility and lactation performance by dairy cows fed fats varying in degree of saturation. *Journal of Dairy Science*, 79 : 429-437. 1996.
- 17) Pereira MN, Garrett EF, Oetzel GR, Armentano LE. Partial replacement of forage with nonforage fiber sources in lactating cow diets. I. Performance and health. *Journal of Dairy Science*, 82 : 2716-2730. 1999.
- 18) SAS. SAS/STAT ユーザーズガイド 6.03 版. SAS 出版社. 東京. 1990.
- 19) 笹野 貢. 生乳の品質管理. 1-13. 酪農総合研究所. 札幌. 1998.
- 20) 須藤 浩. カス類飼料と給与法. 1-272. 養賢堂. 東京. 1975.
- 21) 菅原 潔・副島正美. タンパク質の定量法第 3 版. 52-54. 学会出版センター. 東京. 1990.
- 22) 寺田文典・栗原光規・西田武弘・塩谷 繁. 泌乳牛における窒素排泄量の推定. 日本畜産学会報, 68 : 163-168. 1997.

Effects of NDF and Fat Rich By-Products on Performance of Early Lactating Cows

Teruaki KOGA, Tomoyoshi SAITO¹, Miyao YOSHIDA, Shigenobu ISHIZAKI², Syo-ichi MUROI³,
Makoto SEKI⁴, Keiko SHIMIZU⁵, Yasuyuki KATO⁶, Tetuji UCHIDA⁷, Shinji SUNAGA¹,
Yo-ko KIMURA¹, Kenji KAWASHIMA², Akio TAKENAKA⁸, Osamu ENISHI⁸
and Fuminori TERADA⁸

Nagano Animal Industry Experiment Station, Shiojiri-shi 399-0711, Japan

¹ Gunma Animal Husbandry Experiment Station, Fujimi-mura, Gunma-ken 371-0103, Japan

² Chiba Prefectural Livestock Experiment Station, Yachimata-shi 289-1113, Japan

³ Tochigi Prefectural Dairy Experimental Institute, nishinasuno-machi, Tochigi-ken 329-2747, Japan

⁴ Niigata Agricultural Research Institute Livestock Research Center, Sitada-mura, Niigata-ken 955-0143, Japan

⁵ Yamanashi Prefectural Dairy Experiment Station, Nagasaka-machi, Yamanashi-ken 408-0021, Japan

⁶ Aichi-ken Agricultural Research Center, Nagakute-machi, Aichi-ken 480-1193, Japan

⁷ The Tokyo Metropolitan Livestock Experiment Station, Ome-shi 198-0024, Japan

⁸ National Institute of Livestock and Grassland Sciences, Tsukuba Norin Kenkyu Danchi,
Ibaraki-ken 305-0901, Japan

Corresponding : Teruaki KOGA (fax : +81 (0) 263-51-1316, e-mail : koga@chikushi.pref.nagano.jp)

Levels of rolled maize, soybean meal and wheat bran in early lactating dairy cows diets were partially replaced by tofu cake, brewers grain and full-fat rice bran, and their effects were studied. Sixty-eight multiparous Holstein cows were used in an experiment in a randomized block design to investigate the effects of the diets on ruminal fermentation characteristics, digestion, plasma composition and milk production. Three diets LB (low), MB (medium) and HB (high) were prepared using different levels of by-products. The cows were divided into three groups, A (n=24), B (22) and C (22), and each group was fed one of three treatment diets as total mixed rations for 15 weeks after calving. Results showed that the by-products level did not affect the dry matter intake of cows. Increasing by-products level in diet increased gross energy content but decreased total tract apparent energy digestibility of the diet. Therefore, by-products level did not affect the digestible energy intake. Milk yield was lower ($P<0.05$) for HB than LB diet (36.6 vs 40.8 kg/d). Milk fat % was higher ($P<0.05$) for HB or MB than LB diet. However, production of 4% fat-corrected milk tended ($P<0.10$) to be higher for LB than HB diet (38.0 vs 35.5 kg/d). These results suggested that replacement of rolled maize, soybean meal and wheat bran with tofu cake, brewers grain and full-fat rice bran should be kept less than 10% of the total diet.

Animal Science Journal 72 (9) : J351-J358, 2001

Key words : By-products, Dairy cows, Ether extracts, Neutral detergent fiber, Milk production