

クローブ, シナモンの有効成分およびユッカ抽出物の添加が 泌乳牛の生産性と栄養生理状態に及ぼす影響

生田健太郎*・山口悦司*・高田 修*・岡部景子**・山本嘉康**

要 約

クローブ, シナモンの有効成分およびユッカ抽出混合物(エクストラクト・デーリィ・ミックス:XDM)の添加が泌乳牛の生産性と栄養生理状態に及ぼす影響を検討するため, 初産牛5頭, 経産牛15頭, 計20頭を供試し, 当所慣行の完全混合飼料(TMR)にXDMを50g/頭/日添加する添加区と添加しない対照区を設け, 一期28日間のクロスオーバー法にて飼養試験を行なったところ, 以下の結果が得られた.

- 1 乾物摂取量は対照区が24.5 kg/日, 添加区が24.2 kg/日で, XDM添加により有意($P < 0.05$)に低下した.
- 2 体重と日増体量にはXDM添加による影響は認められなかった.
- 3 乳量は対照区が35.7 kg/日, 添加区が36.7 kg/日で, XDM添加により有意($P < 0.05$)に増加したが, 4%脂肪補正乳量では両区間に差は認められなかった. 一般乳成分率, 体細胞数および乳中尿素窒素濃度にはXDM添加による影響は認められなかった.
- 4 第一胃液性状は飼料給与1時間後ではXDM添加による影響は認められなかった. 6時間後のpHは対照区が6.66, 添加区が6.53で, XDM添加により有意($P < 0.05$)に低下した. 一方, 6時間後の総揮発性脂肪酸(VFA)濃度は対照区が9.50 mmol/dl, 添加区が10.30 mmol/dlで, XDM添加により有意($P < 0.05$)に増加した. このとき, VFA中の酢酸比率が対照区65.0%, 添加区63.7%と低下する傾向($P < 0.10$)が認められ, 酢酸/プロピオン酸比も対照区3.24に対し, 添加区3.01と低下する傾向($P < 0.10$)が認められた. 6時間後のアンモニア態窒素濃度にはXDM添加による影響は認められなかった.
- 5 血中成分ではいずれの項目もXDM添加による影響は認められなかった.

以上より, XDMの添加は第一胃機能の調整を介して乳量を増加させる可能性が示唆された.

Effects of Dietary Supplementation with Eugenol, Cinnamaldehyde, and Yucca Extract Complex on the Milk Production and Nutritional Status in Dairy Cows

Kentarou IKUTA, Etsuji YAMAGUCHI, Osamu TAKATA, Keiko OKABE and Yoshiyasu YAMAMOTO

Summary

Effects of dietary supplementation of plant extracts compound XTRACT-DAIRY-MIX[®] (XDM: eugenol and cinnamaldehyde effective ingredient from clove and cinnamon, mixed with yucca extract) on the milk production, ruminal fermentation and blood metabolites were evaluated using fifteen multiparous and five primiparous dairy cows. Experiments of feeding with usual total mixed rations supplemented with or without 50 g/head/day of XDM (treatment or control) were performed for each period of 28 days according to a cross-over design of the statistical analysis.

The following results were obtained:

2007年8月31日受理

* 兵庫県立農林水産技術総合センター淡路農業技術センター

** パイエル・メディカル株式会社

- (1) Dry matter intake was significantly ($P<0.05$) less in treatment (24.2 kg/day) than in control (24.5 kg/day).
- (2) Body weight and daily gain were not influenced by dietary supplementation with XDM.
- (3) Although milk yield was increased significantly ($P<0.05$) in treatment (36.7 kg/day) than in control (35.7 kg/day), no differences in 4% fat-corrected milk. Milk composition, somatic cell count and milk urea nitrogen were not influenced by dietary supplementation with XDM.
- (4) Character of rumen fluid at 1 hr after the morning feeding was not influenced by dietary supplementation with XDM. Ruminal pH at 6 hr after the morning feeding was significantly ($P<0.05$) lower in treatment (6.53) than in control (6.66). Ruminal total volatile fatty acids concentrations at 6 hr after the morning feeding were significantly ($P<0.05$) higher in treatment (10.30 mmol/dℓ) than in control (9.50 mmol/dℓ). All at once, ruminal molar proportion of acetate was tended to be lower XDM (63.7%) than Control (65.0%), and also ratio of acetate to propionate was tended to be lower in treatment (3.01) than in control (3.24). Ruminal ammonia nitrogen concentrations were not influenced by dietary supplementation with XDM.
- (5) Blood metabolites were not influenced by dietary supplementation with XDM.

From these results, we consider that addition of XDM to TMR increase milk production by modifying ruminal fermentation.

キーワード：乳牛，植物二次代謝物，乳生産性，第一胃液性状，血液性状

緒 言

最近，バイオ燃料の需要増加を受けて，その原料であるトウモロコシの価格が上昇し，それに加えて石油価格の高騰で輸送コストも上昇したことから，穀類のみならず粗飼料に至るまで全ての飼料価格が高騰している．一方，乳価は低迷し，地域によっては生産調整が継続されている．このため，酪農家の収益が大幅に減少していることから，これまで以上に生産効率を向上させることで，飼料コストを低減する必要がある．

生産効率を向上させる手法の一つとして，第一胃(ルーメン)内の発酵を調整して消化ロスを低減させようとする研究がこれまでも数多く行われている．それによって，生産性を維持したまま飼料給与量を低減できる可能性がある．そのような目的で有機酸¹³⁾，酵母や真菌の培養物²⁰⁾，酵素¹⁴⁾そして抗生物質¹⁸⁾等が乳牛や肥育牛において使用されてきた．特にモネンシンなどイオノファと呼ばれる抗生物質はルーメン内の消化ロスを抑制する働きが強いため，欧米では広く普及していたが，最近，畜産物への残留が問題となり EU での使用が禁止されたのを機に安全な植物抽出物を代用する動きが出てきた．

植物二次代謝物には元来抗菌作用があることが知られており，伝統的医療や食品保存に使用されてきた．人工ルーメンを用いた *in vitro* のスクリーニング試験の結果からクローブ，シナモンの有効成分やユッカの抽出成分などがルーメン発酵を調整する作用があることが示唆され (25)，これらの混合物 XTRACT DAIRY MIX[®]

(XDM; バイエル メディカル，東京) が製品化された．海外での野外試験では XDM の添加により，泌乳前期牛の乳量増加や乳中尿素窒素濃度の減少等の効果が認められている(未発表社内データ)．しかし，このような *in vivo* における報告は少なく，わが国の飼養条件下での試験成績もない．そこで，本試験では国内の飼養条件下で泌乳中期牛を中心に XDM 添加による乳生産性，第一胃液性状および血中成分への影響を検討した．

材料及び方法

1 供試牛，試験区分及び実施期間

試験にはホルスタイン種泌乳牛20頭(初産牛5頭，経産牛15頭 2.6 ± 1.1 産)を供した．これらの試験開始時における乳量は 35.0 ± 5.7 kg/日および分娩後日数は 151 ± 64 日であった．また，泌乳期では前期(分娩～分娩後100日目)が4頭，中期(分娩後101～200日目)が13頭および後期(分娩後201日目以降)が3頭であった．

試験区として XDM を50g/頭/日添加する添加区と添加しない対照区の2区を設定し，馴致7日間の後，一期28日間のクロスオーバー法にて飼養試験を実施した．

試験は2006年の4月から6月の間に兵庫県立農林水産技術総合センター淡路農業技術センターで実施した．

2 飼養管理状況

供試牛はコンフォート型タイストールまたは広さ $3.3 \text{ m} \times 4.4 \text{ m}$ の単房にて飼養し，搾乳は8時と17時から，

給餌は9時と16時からそれぞれ行った。

飼料は自給飼料のソルガムサイレージを用いた完全混合飼料(以下TMRと呼ぶ;乾物率は55.7%,乾物中養分含量はTDN:72.9%,CP:16.2%,NDF:45.0%)を給与した。各供試牛の乳量に基づいて日本飼養標準養分要求量¹⁵⁾を充足するように給与量を決定し,1日2回(朝:夕=4:6)に分けて給与した。

4 調査項目,採材間隔及び測定方法

(1)乾物摂取量

供試牛のうち,飼料給与量の多い10頭を対象として,朝夕それぞれ計量給与し,次回給与の前に残飼を計量した。残飼は熱風乾燥機で100,18時間乾燥させ,乾物率を計測した。乾物摂取量は下記の式により算出し,各試験期最終1週間(4週目)の平均値を統計処理に供した。

$$\text{乾物摂取量 (kg/日)} = \text{給与量} \times \text{給与飼料の乾物率} - \text{残飼量} \times \text{残飼の乾物率}$$

(2)体重

供試牛全頭を対象として,各試験期の開始時と終了時に牛衡器で体重を計量し,試験期間中の増減量を試験期間の日数(28日)で除して日増体量を算出した。

(3)乳量

乾物摂取量調査牛を対象として,朝夕の搾乳毎にミルカーに接続したミルクメーター(Fシリーズ:ツルテスト・ディストリビューター,ニュージーランド)で乳量を計測した。乾物摂取量と同様に乳量についても各試験期最終1週間(4週目)の平均値を統計処理に供した。また,4週目の平均乳量と乳脂率に基づいて下記の式により,4%脂肪補正乳量(4%FCM)を算出した。

$$4\%FCM (\text{kg/日}) = (15 \times \text{乳脂率} \div 100 + 0.4) \times \text{乳量}$$

(5)乳成分

供試牛全頭を対象として,各試験期の開始から2週目と4週目(終了時)にミルクメーターのサンプラー

Table 1. Effect of dietary supplementation with plant extracts compound on dry matter intake and production responses in lactating dairy cows

Item	Control (n=20)	XDM ¹⁾ (n=20)	SEM ²⁾	P-value ³⁾
Dry matter intake(DMI, kg/day)	24.5	24.2	0.09	0.026
Body weight(BW, kg)	647	649	2.6	NS
Daily gain(DG, kg/day)	0.21	0.46	0.14	NS
Milk yield(kg/day)	35.7	36.7	0.28	0.035
Fat corrected milk yield(FCM, kg/day) ⁴⁾	34.5	35.4	0.49	NS
Milk composition(%)				
Fat				
2 W ⁵⁾	3.90	3.82	0.08	NS
4 W	3.82	3.78	0.05	NS
Protein				
2 W	3.29	3.27	0.02	NS
4 W	3.28	3.28	0.02	NS
Solids not-fat(SNF) content				
2 W	8.73	8.76	0.03	NS
4 W	8.73	8.73	0.02	NS
Lactose				
2 W	4.44	4.48	0.02	NS
4 W	4.45	4.44	0.02	NS
Linear score				
2 W	2.65	2.30	0.25	NS
4 W	2.35	2.10	0.16	NS
Milk urea nitrogen(mg/dl)				
2 W	18.9	18.6	0.40	NS
4 W	18.1	18.2	0.38	NS

1) XTRACT-DAIRY-MIX[®] (XDM), Bayer Medical Inc., Tokyo was added 50g/day/head.

2) Standard error of means.

3) NS: not significant

4) FCM=(15×Fat(%)/100+0.4)×Milk yield

5) At weeks after supplementation

Table 2. Effect of dietary supplementation with plant extracts compound on characteristic of ruminal fluid in lactating dairy cows

Item	Control (n=20)	XDM ¹⁾ (n=20)	SEM ²⁾	P-value ³⁾
pH				
1 hr ⁴⁾	6.60	6.55	0.02	NS
6 hr	6.66	6.53	0.04	0.049
Total volatile fatty acid (mmol/ dl)				
1 hr	9.47	9.87	0.19	NS
6 hr	9.50	10.30	0.26	0.046
Proportion of individual VFA(molar%)				
Acetic acid				
1 hr	63.9	63.2	0.41	NS
6 hr	65.0	63.7	0.50	0.088
Propionic acid				
1 hr	22.1	22.3	0.42	NS
6 hr	21.0	22.0	0.58	NS
Butyric acid				
1 hr	11.7	11.5	0.44	NS
6 hr	11.7	11.9	0.39	NS
Acetate/ Propionate ratio				
1 hr	2.95	2.89	0.07	NS
6 hr	3.24	3.01	0.09	0.099
Ammonia N (mgN/ dl)				
1 hr	16.8	16.3	0.70	NS
6 hr	11.2	11.4	1.22	NS

1)XTRACT-DAIRY-MIX[®] (XDM), Bayer Medical Inc., Tokyo was added 50g/day/head.

2)Standard error of means.

3)NS:not significant

4)At hours after feeding

Table 3. Effect of dietary supplementation with plant extracts compound on total numbers and proportion of individual genera of ruminal ciliate protozoa in lactating dairy cows

Item	Control (n=20)	XDM ¹⁾ (n=20)	SEM ²⁾	P-value ³⁾
Total number(× 10 ⁴ cell/ml)	22.0	20.0	1.69	NS
Proportion of individual genera(%)				
<i>Isotricha</i> spp.	1.9	2.3	0.52	NS
<i>Dasytricha</i> spp.	2.2	2.8	0.46	NS
<i>Entodinium</i> spp.	93.6	91.7	1.71	NS
<i>Diplodinium</i> spp.	0.86	0.36	0.32	NS
<i>Epidinium</i> spp.	2.4	4.0	1.47	NS
<i>Ophryoscolex</i> spp.	0.09	0.02	0.03	0.085

1)XTRACT-DAIRY-MIX[®] (XDM), Bayer Medical Inc., Tokyo was added 50g/day/head.

2)Standard error of means.

3)NS:not significant

を介して乳汁検体を採取し、兵庫県酪農業協同組合連合会生乳検査所の多成分赤外線分析装置(ミルコスキャン Sys4000: フォス, デンマーク)にて一般乳成分率と体細胞数の分析を行った。各乳成分率と体細胞数は朝夕の乳量比によって加重平均した。なお、体細胞数はリニアスコア¹⁾に換算した後、統計処理に供した。乳中尿素窒素(MUN)は一般乳成分用に採取した

朝の検体を用い、脱脂後、乾式血液自動分析装置(富士ドライケム3030: 富士写真フィルム, 東京)にて分析した¹¹⁾。

(4)第一胃液性状

供試牛全頭を対象として、各試験期の最終3日間わたって、各個体それぞれ朝の飼料給与から1時間後と6時間後の2回、第一胃液を採取した。第一胃液は経

Table 4. Effect of dietary supplementation with plant extracts compound supplementation on blood metabolites in lactating dairy cows

Item	Control (n=20)	XDM ¹⁾ (n=20)	SEM ²⁾	P-value ³⁾
Glucose(Glu, mg/ dl)	54.9	54.9	0.89	NS
Total cholesterol(TCho, mg/ dl)	276	276	3.54	NS
Hematocrit(Ht, %)	27.7	27.6	0.26	NS
Total protein(TP, g/ dl)	7.62	7.65	0.05	NS
Blood urea nitrogen(BUN, mg/ dl)	20.8	21.1	0.45	NS
Aspartate aminotransferase(AST, IU/ l)	90.3	88.1	2.24	NS
-Glutamyl transpeptidase(GGT, IU/ l)	25.3	26.6	0.84	NS

1)XTRACT-DAIRY-MIX[®] (XDM), Bayer Medical Inc., Tokyo was added 50g/day/head.

2)Standard error of means.

3)NS:not significant

口胃汁採取器(ルミナー:富士平工業社,東京)で300ml以上採取し,採取直後にガラス電極法(pHメーターF-8L型:堀場製作所(株),京都)によりpHを測定した。その後,4重ガーゼで濾過し,うち約50mlをアンモニア態窒素濃度測定用検体として冷凍保存した。アンモニア態窒素濃度の測定は,検体を融解後,第一胃液20ml 2規定の水酸化カリウム4ml 蒸留水90mlを専用試験管に入れ,指示薬のプロモクレゾールグリーンとメチルレッドを加えた2%ホウ酸水を吸収液とし,窒素自動蒸留装置(ケルテックオート1035型:アクタック,東京)を用いた水蒸気蒸留法にて行った。一方,揮発性脂肪酸(VFA)測定用の検体は,濾過した第一胃液5容に対し,24%メタリン酸加3規定硫酸1容を混和し,1晩室温放置後,冷却遠心(3,000回転/分,30分間)によって得られた上清液を冷凍保存した。VFA濃度の測定は,検体を融解後,水系0.45μmのディスクフィルター(GLクロマトディスク25A:ジーエルサイエンス,東京)で濾過し,充填カラム(Thermon3000,3%,Shimalite TPA 60/80,ジーエルサイエンス,東京)を装着したガスクロマトグラフィー(HITACHI-163型:日立製作所,東京)を用いて行った。

(5)血中成分

供試牛全頭を対象として,各試験期の開始から26日目に朝の飼料給与から4時間後にフッ化ナトリウム入り真空採血管及びブレイン真空採血管を用いて頸静脈から採血した。採血後直ちに,フッ化ナトリウム入り真空採血管の全血でヘマトクリット値を計測するとともに,冷却遠心で血漿と血清を分離し,血糖(Glu)は血漿を用い,総蛋白質(TP),総コレステロール(TCho),尿素窒素(BUN),アスパラギン酸トランスフェラーゼ(AST),グルタミールトランスペプチダーゼ(GGT)は血清を用いて測定した。TPは屈折法,それ

以外の項目は乾式血液自動分析装置(富士ドライケム3030:富士写真フィルム,東京)にて測定した。

(6)疾病発生状況

臨床的に治療を要する疾病について,発症が認められた場合,随時記録した。

5 統計処理

データの統計処理にはSASのGLMプロシジャー¹⁷⁾より,次のモデルを用いて行った。

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + e_{1j} + \beta_j + \gamma_k + e_{2k}$$

Y_{ijk} : 測定値

μ : 総平均

α_i : 群*i*の効果

β_j : 飼料*j*の効果

γ_k : 試験期*k*の効果

$e_{1j} e_{2k}$: 1次誤差および2次誤差

また,飼料効果については2次誤差を用いたF検定により,危険率5%未満の場合に有意差があるものとみなし,5%以上10%未満の場合に傾向があるものとみなした。

結 果

1 乾物摂取量

乾物摂取量では対照区が24.5 kg/日,添加区が24.2 kg/日となり,XDM添加により有意($P < 0.05$)に低下した(Table 1)。

2 体重と日増体量

体重と日増体量ではいずれも両区間に差は認められなかった(Table 1)。

3 乳量

乳量では対照区が35.7 kg/日,添加区が36.7 kg/日となり,XDM添加により有意($P < 0.05$)に増加したが,4%脂肪補正乳量では,両区間に差は認められなかった

(Table 1)。

4 乳成分

XDM 添加開始から 2 および 4 週目の乳脂率、乳蛋白質率、無脂固形分率、乳糖率、体細胞数リニアスコアおよび MUN ではいずれも両区間に差は認められなかった (Table 1)。

5 第一胃液性状

pH は飼料給与 1 時間後では両区間に差は認められなかったが、6 時間後では対照区が 6.66、添加区が 6.53 となり、XDM 添加により有意 ($P < 0.05$) に低下した (Table 2)。

総 VFA 濃度は飼料給与 1 時間後では両区間に差が認められなかったが、6 時間後では対照区が 9.50 mmol/dl、添加区が 10.30 mmol/dl となり、XDM 添加により有意 ($P < 0.05$) に増加した。VFA 構成比率では、いずれの項目も飼料給与 1 時間後では両区間に差は認められなかったが、6 時間後では酢酸比率が対照区 65.0%、添加区 63.7% となり、XDM 添加により低下する傾向 ($P < 0.10$) が認められた。さらに、その影響で 6 時間後の酢酸/プロピオン酸比も対照区 3.24、添加区 3.01 となり、XDM 添加により低下する傾向 ($P < 0.10$) が認められた (Table 2)。

アンモニア態窒素濃度は 1 および 6 時間後とも両区間に差は認められなかった (Table 2)。

原虫数には差が認められなかったが、*Ophryoscolex* 属の割合では対照区が 0.09% に比べ、添加区が 0.02% となり、XDM 添加により低下する傾向 ($P < 0.10$) が認められた (Table 3)。

6 血中成分

Glu, TCho, Ht, TP, BUN, AST および GGT では、いずれも両区間に差は認められなかった (Table 4)。

7 疾病発生状況

供試期間中の予備期において、添加区で乳房炎が 2 頭、対照区で乳房打撲による血乳と乳頭損傷がそれぞれ 1 頭あった。このうち、添加区の乳房炎と対照区の乳房打撲は同一牛であった。乳房炎に対しては抗生剤の注入と全身投与でそれぞれ 5 日間と 3 日間加療し、完治した。

考 察

これまでに香辛料や医薬品原料として用いられている多くの植物抽出物やそれらの有効成分である植物二次代謝物がルーメン発酵や生産性に及ぼす影響について *in vitro*, *in vivo* の両面から検討されている。本試験で供試した XDM はクローブ由来のユージノール、シナモン由来のシナマルデハイドおよびユッカの混合物であり、

ユージノールとシナマルデハイドはフェニールプロパノイド複合体に属し、ユッカはサポニンに属する。

乾物摂取量は XDM 添加により有意に低下した。これは反転試験の前半期で添加区に配置した供試牛において XDM の臭いに対して採食回避行動をとる個体があったためと考えられる。しかし、後半期で添加区に配置した供試牛では採食回避行動は見られず、同一牛舎で飼養されていることで前半期において臭いに対する馴致がなされた可能性がある。ユッカ単独の添加では影響はないが^{9, 22)}、ユージノールとシナマルデハイドの混合物を添加した試験⁸⁾では乾物摂取量の低下が報告されている。

乾物摂取量の差は統計学的には有意であるが、量的には僅かであったことと短期間の飼養試験であったため、体重と日増体量には XDM 添加による影響はなかったと考えられる。

乳量は乾物摂取量が有意に少なかったにも関わらず、XDM 添加により有意に増加 (1 kg/日) した。これは牛の主たるエネルギー源である第一胃液総 VFA の濃度が XDM 添加により有意に増加したことに加え、VFA 中の酢酸比率と酢酸/プロピオン酸比が低下傾向を示したことから第一胃発酵がエネルギー効率の高いプロピオン酸型に変化したためと考えられる。しかし、ユッカ単独の添加では乾物摂取量同様、乳量への影響はなかった²²⁾ ことから、本試験における乳量増加効果はユージノールとシナマルデハイドによるものと考えられる。一方、4% 脂肪補正乳量については XDM 添加による影響はなかったが、これは VFA 中の酢酸比率の低下により、乳脂率も有意ではないが添加区で低下したためと考えられる。

乳成分についてはいずれの項目も XDM 添加による影響はなかった。泌乳牛を対象とした試験が少ないものの、ユッカ単独の添加では本試験同様、影響はなかったと報告されている²²⁾。

第一胃液の pH は飼料給与 6 時間後で XDM 添加により有意に低下した。これは乳量増加に関する考察で述べたように総 VFA 濃度の増加と酢酸比率や酢酸/プロピオン酸比の低下によるものと考えられる。ユッカに関しては *in vitro*²⁾ では pH の低下が認められているが、*in vivo*^{22, 23)} では影響はなかったと報告されていることから、pH の変動はユージノールとシナマルデハイドによるものと考えられる。

第一胃液の総 VFA 濃度について、*in vitro* ではユッカが増加させたとする報告¹²⁾がある一方で、シナモンでは影響はなかったとする報告⁴⁾やシナモンやクローブなどの植物抽出物が減少させたとする報告^{5, 7)}がある。従って、本試験における総 VFA 濃度の増加はユッカによる影響

の可能性が高いと考えられる。

第一胃液のVFA構成比率について、*in vitro* ではクローブ^{2,3)}、シナモン^{2,3,4)}、ユッカ¹²⁾で本試験と同様の結果がそれぞれ報告されている。さらに*in vivo* ではユッカによるプロピオン酸の増加が報告⁹⁾されている。これらに対し、*in vitro* ではシナモンは酢酸比率が高く、プロピオン酸比率が低下したとする報告⁶⁾やユッカは第一胃性状への影響はなかったとする報告²³⁾もある。Cardozoら⁷⁾は植物抽出物のルーメン発酵に与える影響はpHに左右され、pHが低い場合(5.5)では微生物による発酵をプロピオン酸型すなわちよりエネルギー的に改善している。

第一胃液のアンモニア態窒素濃度にはXDM添加による影響はなかった。*in vitro* ではシナモン⁴⁾とユッカ²³⁾で、*in vivo* ではユッカ²²⁾で本試験と同様の結果が報告されている。これらに対し、*in vitro* のユッカ^{7,12)}、シナモン^{5,7)}およびクローブ⁵⁾、*in vivo* のユッカ⁹⁾、ユージオールとシナマルデハイドの混合物⁸⁾などで低下が報告されている。Histovらの報告⁹⁾ではユッカの添加で有意に低下したのは採食後2時間のみであり、経時的変動が大きいアンモニア態窒素濃度では採材時間によって添加の影響が認められない可能性もあり得る。また、Wallaceら²¹⁾によるとユッカはアンモニア態窒素濃度が低いか、添加量が高いときアンモニアを吸着し、高濃度のアンモニアにおいて十分な吸着が見られた証拠はないとし、ユッカ添加による反応は菌種によっても異なるともしている。これらのことから、本試験でアンモニア態窒素濃度に対してXDM添加の影響がなかった原因として、採材した時間帯では対照区との差がなかった、アンモニア態窒素濃度が高かった、第一胃内微生物の菌種構成が添加の影響を受けにくいものであったなどが考えられる。さらにユージオールでアンモニア態窒素濃度が増加することも報告⁷⁾されていることから、シナマルデハイドやユッカによる低減効果が相殺された可能性もある。

以上のようにXDM添加による第一胃液アンモニア態窒素濃度への影響がなかったか、あったとしても一時的なものであったため、余剰なアンモニアの排泄過程で生じるBUNやMUNに関しても添加の影響が認められなかったものと考えられる。

第一胃内の原虫はXDM添加により*Ophryoscolex*属の割合が低下する傾向が認められた。しかし、この属は構成割合が極めて小さく、全体の原虫数に対しては影響がなかったことから、原虫に及ぼすXDM添加の影響は小さいと考えられる。一方、*in vitro* のユッカ¹²⁾やお茶由来サポニン¹⁰⁾、*in vivo* のユッカ⁹⁾では原虫数の減少が認

められ、*in vivo* のシナマルデハイドとユージオールの混合物⁸⁾では全毛虫類の増加が報告されている。また、Wallaceら²¹⁾はユッカなどのサポニンは繊毛虫類を抑制することでルーメン発酵を効率化し、間接的にアンモニア態窒素濃度を低下させているとしている。

血中成分については調査したいずれの項目もXDM添加による影響はなかった。しかし、両区ともBUNとASTの値が標準値¹⁶⁾に比べ、高値であった。これらの項目は健康牛では摂取飼料の影響を受けて変動する。飼料の成分分析値の結果から、粗蛋白質(CP)含量があるいはエネルギー(TDN)とのバランスに影響は認められなかった。従って、成分分析値では明らかにされていないCPの第一胃内分解促進により、第一胃液アンモニア態窒素濃度が高く、過剰なアンモニアの処理のため、BUNとASTが上昇した可能性がある。このことは前述の第一胃液アンモニア濃度に対してXDM添加による低減効果が認められなかった原因の「アンモニア態窒素濃度が高かった」を裏付けるものでもある。

本試験では*in vitro* 試験において第一胃発酵に影響を及ぼすことが示唆されている植物抽出物の混合物を供試し、*in vivo* において泌乳牛への添加効果をルーメン発酵や生産性の面から実証した。植物抽出物のルーメン発酵に対する影響は用量依存性を示し、相互作用や潜在的作用にも注意を払う必要がある²⁾とされており、乾物摂取量、乳量、泌乳期などの個体条件に応じた効果的な投与量や投与方法について今後検討する必要がある。

引用文献

- (1) Ali, A. K. A. and G. E. Shook (1980): An optimum transformation for somatic cell concentration in milk: J. Dairy Sci. 63,487-490
- (2) Busquest M., S. Calsamiglia, A. Ferret, and C. Kamel(2004): Effects of different doses of plant extracts on rumen microbial fermentation: J. Dairy Sci. 87,Suppl. 1, 213
- (3) Busquest M., S. Calsamiglia, A. Ferret, and C. Kamel(2005): Screening for effects of plant extracts and active compounds of plants on dairy cattle rumen microbial fermentation in a continuous culture system: Anim. Feed Sci. Technol. 123, 597-613
- (4) Busquest M., S. Calsamiglia, A. Ferret, P. W. Cardozo, and C. Kamel(2005): Effects of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen microbial fermentation in a dual flow continuous culture: J. Dairy Sci. 88,2508-2516
- (5) Busquest M., S. Calsamiglia, A. Ferret, and C.

- Kamel(2006): Plant extracts affect in vitro rumen microbial fermentation: *J. Dairy Sci.* 89,761-771
- (6) Cardozo P. W., S. Calsamiglia, A. Ferret, and C. Kamel(2004): Effects of natural plant extracts on ruminal protein degradation and fermentation profiles in continuous culture: *J. Anim. Sci.* 82, 3230-3236
- (7) Cardozo P. W., S. Calsamiglia, A. Ferret, and C. Kamel(2005): Screening for the effects of natural plant extracts at different pH on in vitro rumen microbial fermentation of a high-concentrate diet for beef cattle: *J. Anim. Sci.* 83, 2572-2579
- (8) Cardozo P. W., S. Calsamiglia, A. Ferret, and C. Kamel(2005): Effects of alfalfa extract, anise, capsicum, and a mixture of cinnamaldehyde and eugenol on ruminal fermentation and protein degradation in beef heifers fed a high-concentrate diet: *J. Anim. Sci.* 83, 2572-2579
- (9) Hristov A. N., T. A. McAllister, F. H. Van Herk, K.-J. Cheng, C. J. Newbold, and P. R. Cheeke(1999): Effect of *Yucca schidigera* on ruminal fermentation and nutrient digestion in heifers: *J. Anim. Sci.* 77, 2554-2563
- (10) Hu W., Y. Wu, J. Liu, Y. Guo, and J. Ye(2005): Tea saponins affect in vitro fermentation and methanogenesis in faunated and defaunated rumen fluid: *J. Zhejiang Univ. Sci.* 6B, 787-792
- (11) 生田健太郎・小鴨 睦・篠倉和己・函城悦司(2000): 乳中尿素態窒素測定法の比較と測定値に及ぼす乳汁採取・保存方法の影響: *日獣会誌*, 53, 289-292
- (12) Lila Z. A., N. Mohammed, S. Kanda, T. Kamada, and H. Itabashi
(2003): Effect of Sarsaponin on ruminal fermentation with particular reference to methane production in vitro: *J. Dairy Sci.* 86, 3330-3336
- (13) Martin S. A., M. N. Streeter, D. J. Nisbet, G. M. Hill, and S.E. Williams(1999): Effects of DL-malate on ruminal metabolism and performance of cattle fed a high-concentrate diet: *J. Anim. Sci.* 77, 1008-1015
- (14) Miller T. L. and M. J. Wolin(2001): Inhibition of growth of methane-producing bacteria of the ruminant forestomach by hydroxymethylglutaryl ~ SCoA reductase inhibitors: *J. Dairy Sci.* 84, 1445-1448
- (15) 農林水産省農林水産技術会議事務局編(1999): 日本飼養標準 乳牛(中央畜産会) 26-29
- (16) 岡田啓司(2001): 生産獣医療システム 乳牛編3(農山漁村文化協会) 51
- (17) SASR User's Guide: Statistics, Version 6, edition 4. 1989. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- (18) Sauer F. D., V. Fellner, R. Kinsman, J.K.G. Kramer, H. A. Jackson, A. J. Lee, and S. Chen(1998): Methane output and lactation response in holstein cattle with monensin or unsaturated fat added to the diet: *J. Anim. Sci.* 76, 906-914
- (19) 寺田文典・芹沢駿治・田野良衛・岩崎和雄・阿部 亮(1988): 化学成分組成あるいは可消化成分含量による牛用飼料の代謝エネルギー含量の推定式について: *日畜会報* 59, 490 ~ 495
- (20) Yoon I. K., and M. D. Stern(1996): Effects of *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* cultures on ruminal fermentation in dairy cows: *J. Dairy Sci.* 79, 411-417
- (21) Wallace R. J., L. Arthaud, and C. J. Newbold(1994): Influence of *Yucca schidigera* extract on ruminal ammonia concentrations and ruminal microorganisms: *Appl. Environ. Microbiol.* 60, 1762-1767
- (22) Wilson R. C. T. R. Overton, and J. H. Clark(1998): Effects of *Yucca schidigera* extract and soluble protein on performance of cows and concentrations of urea nitrogen in plasma and milk: *J. Dairy Sci.* 81, 1022-1027
- (23) Wu Z., M. Sadik, F. T. Sleiman, J. M. Simas, M. Pesarakli, and J.T. Huber(1994): Influence of *Yucca* extract on ruminal metabolism in cows: *J. Anim. Sci.* 72, 1038-1042