

機能性成分の増加による高付加価値化生乳生産技術の開発

酒向佑輔、高橋孝志¹⁾、室井章一²⁾、川野辺章夫³⁾、大輪真司²⁾、林美貴成、豊田知紀

1)現 県中央家畜保健衛生所、2)現 塩谷南那須農業振興事務所、3)現 河内農業振興事務所

要 約

抗酸化作用をもつ α -トコフェロールを多く含む稲発酵粗飼料（イネWCS）を泌乳牛に多給すると、血中および乳中の α -トコフェロール、 β -カロテン濃度が有意に高い値を示した。チーズに加工した場合も、乳中の濃度と同様に、イネWCSを多給した区で有意に高い値を示した。

抗酸化作用をもつ α -トコフェロールが血中に増えたことで、牛体への酸化ストレスの軽減が期待されたが、実際にその効果が検証できたのは、泌乳中期牛のみであり、泌乳前期牛においては、 α -トコフェロールが増加したことによる酸化ストレスの低減効果は認められなかった。

また、生乳の酸化臭についての検討を行ったが、これについて有意差は見られなかったものの、 α -トコフェロール濃度が有意に高かった40%給与区の生乳において酸化臭の原因となる物質の発生が少なかったことから、乳中の α -トコフェロール濃度を強化したことによって生乳の酸化が抑制された可能性があると考えられる。

泌乳量に関しては、有意な差はみられなかったものの、イネWCS給与した場合や増給した場合は、乳量は減少する傾向がみられ、グルコース、GOT、血中遊離脂肪酸などが40%区で有意に高かったことから、摂取エネルギーが不足している可能性も考えられた。

以上のことから、イネWCSを多給することで、血中や乳中の脂溶性ビタミンの濃度が増加するが、イネWCSを多給与したことによる、乾物摂取量の低下、乳量の低下の可能性もあることから、給与する牛の泌乳期、給与するイネWCSの品質なども考慮したうえで給与しないと、生産量を落とす可能性もあり注意が必要である。

目 的

近年、人口の減少、少子化などの影響で牛乳の消費量が低迷している。一方、健康志向の高まりなどから発酵食品であるチーズやヨーグルトなどの乳加工品の需要が高まっている。

このような中、酪農家からは、高品質で加工後も特徴が生かせる生乳の生産技術の開発が求められている。そこで、乳中に含まれるヒトの健康に好ましい影響を与える機能性成分の一つである α -トコフェロールを高める飼養管理技術を開発するため、粗飼料の中でも特に α -トコフェロール含量が高いイネWCSに着目して試験を実施した。

また、 α -トコフェロールの持つ抗酸化作用に着目し、生体内の酸化ストレス低減効果や牛乳脂質酸化についても検討することとした。

試験 1 乳中の機能性成分におよぼす粗飼料給与の影響の検討

1. 材料及び方法

(1) 供試家畜

泌乳中期ホルスタイン種 6頭

(2) 試験期間

平成 26 年 7 月 14 日～9 月 14 日（63 日間）

3×3 ラテン方格法による飼養試験（1 期 3 週間×3 期）

(3) 供試材料

【給与飼料】

①イネWCS

品種：リーフスター 熟期：黄熟期

専用収穫機により細断梱包

乳酸菌添加

発酵品質を表 1-1 に示した。

②トウモロコシサイレージ

場内産

品種：36B08 熟期：乳熟期

発酵品質を表 1-1 に示した。

③オーツ乾燥

購入乾草

④配合飼料

市販配合飼料（乳用牛飼育用）

TDN 70%、CP 15%

⑤脱脂大豆粕

TDN 76%、CP 46%

【その他】

①生乳

各試験区より採取した生乳(300ml)を用いて、ピーカーサイズのフレッシュチーズ(モツアレラ)を作成した。

(4) 試験区

TMRの主体となる粗飼料によって以下の3区を設定した。

①イネWCS区

イネWCSを給与乾物あたり40%としたTMRを給与する区

②コーン区

トウモロコシサイレージを給与乾物あたり40%としたTMRを給与する区

③乾草区

オーツ乾草を給与乾物あたり40%としたTMRを給与する区

飼料組成および成分含量(設計値)を表1-2に示した。

(5) 調査項目

飼料摂取量、乳量、乳成分、第一胃内容液性状、血液性状(一般成分及び脂溶性ビタミン類、TBARS)、生乳及びその加工品(チーズ)中の脂溶性ビタミン濃度

2. 結果及び考察

(1) 飼料摂取量および乳生産

飼料摂取量、乳量乳成分等を表1-3に示した。

乾物摂取量はイネWCS区が他の2区に比べて有意に低い値を示した。これは、イネWCSの植物体のケイ酸と繊維が結合し、繊維の消化を抑制することが知られており¹⁾、その影響で乾物摂取量が低下したと考えられる。

乳量については、試験区間で有意な差は認められなかったが、イネWCS区が、コーン区および乾草区に比べて低い値を示した。これは、イネWCS区で乾物摂取量が低い値を示し、摂取エネルギー量が少なかったことが影響していると考えられる。

乳成分については、試験区間で有意な差は見られなかったが、イネWCS区で乳蛋白質率や無脂固形分率が低い値を示し、乾物摂取量が低かった影響が出ていると考えられる。

(2) 第一胃内容液性状

第一胃内容液性状については、表1-4に示した。プロピオン酸濃度は、イネWCS区と比較してコーン区および乾草区で有意に高い値を示した。これは、イネWCS区が他2区と比較して配

合飼料の給与割合が少なく、デンプン質飼料由来のプロピオン酸組成が低くなったためと考えられる。それ以外の項目については有意な差はみられなかった。

(4) 血液性状

血液一般性状を、表1-5に示した。

いずれの項目においても正常値を示し、試験区間で有意な差は見られなかった。

(5) 脂溶性ビタミン及びTBARS濃度

血中、乳中およびチーズ中の脂溶性ビタミン等(α -トコフェロール、レチノール、 β -カロテン)濃度の動態を、表1-6、1-7、1-8、1-9に示した。

血中、乳中、チーズ中の α -トコフェロールは、イネWCS区において他の2区に比べて有意に高い値を示した。これは、イネWCS区においてイネWCSが α -トコフェロールを多く含むことが知られており、それが影響したことが考えられる。

レチノール、 β -カロテンについては試験区間に有意な差は認められなかった。

血中TBARSについては、血中の α -トコフェロール濃度が有意に高い値を示したイネWCS区が有意に低い値を示し、 α -トコフェロールによる抗酸化機能の効果が示唆された。

3. まとめ

泌乳中期牛にイネWCSを主体としたTMRを給与することで、血中および乳中の α -トコフェロール濃度が高まるとともに、血中の酸化ストレスマーカーの一つであるTBARSの値が低下することから、イネWCSを給与することで酸化ストレスの低減効果が示唆された。

しかし、イネWCS区で乾物摂取量の低下や乳量の低下がみられたことから、イネWCSの嗜好性や飼料特性、泌乳ステージに応じた、給与技術を確立する必要がある。

以上のことを踏まえ、さらに α -トコフェロール濃度をさらに強化することができないかを検討するため、乳中のビタミン濃度を増加させる濃厚飼料(一般に多く含まれる、米ぬかおよび大豆)について検討することとした。

表1-1 サイレージの発酵品質

項目\	イネWCS(リーフスター)		トウモロコシサイレージ	
	新鮮物中	有機酸物中 重量比	新鮮物中	有機酸物中 重量比
水分	% 65.1	—	72.0	—
pH	3.86	—	3.64	—
酢酸	% 0.21	23.6	0.93	48.1
プロピオン酸	% 0.01		0.11	
酪酸	% 0.00	0.0	0.05	2.0
乳酸	% 0.68	76.4	0.85	49.9
アンモニア態N/全	% 3.71	—	43.34	—
V-SCORE	99.9	—	85.6	—
フリーク評点	—	96.0	—	54.2

表1-2 飼料組成及び成分含量(乾物%)

項目\試験区	イネWCS区	コーン区	乾草区
飼料組成			
イネWCS	39.0	0.0	0.0
トウモロコシサイレージ	10.2	40.2	10.3
オーツ乾草	6.6	8.9	40.1
市販配合飼料	37.8	44.6	43.4
脱脂大豆粕	5.3	5.4	5.0
その他	1.3	0.9	1.0
成分含量			
乾物率	50.1	46.4	71.4
可消化養分総量	66.9	72.2	68.0
粗蛋白質	13.5	14.7	13.8
粗脂肪	3.0	3.1	2.8
中性デタージェント繊維	37.9	36.8	41.6

表1-3 飼料摂取量および乳生産

項目\試験区	イネWCS区	コーン区	乾草区
乾物摂取量	kg/日 20.8 ± 1.28 a	23.5 ± 1.63 b	24.5 ± 1.05 b
乳量	kg/日 30.4 ± 4.32	36.9 ± 3.98	34.9 ± 4.85
乳脂率	% 3.62 ± 0.32	3.70 ± 0.61	3.57 ± 0.46
乳蛋白質率	% 3.18 ± 0.25	3.36 ± 0.21	3.36 ± 0.26
無脂固形分率	% 8.55 ± 0.20	8.91 ± 0.22	8.87 ± 0.24
乳中尿素窒素	mg/dl 15.1 ± 2.15	11.6 ± 0.95	11.4 ± 1.66

同一行の異符号間に有意差有り(小文字 $P < 0.05$)

表1-4 第一胃内容液性状

項目\試験区		イネWCS区	コーン区	乾草区
pH		7.28 ± 0.66	6.93 ± 0.31	6.84 ± 0.17
アンモニア態窒素	mg/dl	11.9 ± 2.14	11.5 ± 4.96	12.2 ± 4.56
総VFA濃度	mmol/l	8.98 ± 1.74	10.8 ± 1.78	11.4 ± 1.45
酢酸	mmol/l	5.63 ± 1.09	6.56 ± 1.16	6.80 ± 0.72
プロピオン酸	mmol/l	1.79 ± 0.36 a	2.43 ± 0.61 b	2.73 ± 0.55 b
イノ酪酸	mmol/l	0.13 ± 0.02	0.13 ± 0.02	0.13 ± 0.02
酪酸	mmol/l	1.07 ± 0.23	1.31 ± 0.24	1.36 ± 0.22
A/P比		3.16 ± 0.22	2.81 ± 0.54	2.56 ± 0.40

同一行の異符号間に有意差有り(小文字 $P < 0.05$)

表1-5 血液性状(一般成分)

項目\試験区		イネWCS区	コーン区	乾草区
グルコース	mg/dl	66.0 ± 5.16	62.5 ± 5.32	61.2 ± 7.51
GOT	IU/L	53.8 ± 8.39	47.2 ± 8.13	46.7 ± 8.88
γ -GTP	IU/L	46.7 ± 9.39	43.0 ± 7.70	40.2 ± 10.7
総コレステロール	mg/dl	195 ± 27.8	168 ± 25.8	156 ± 45.8
総蛋白質	mg/dl	7.3 ± 0.62	6.9 ± 0.63	6.5 ± 0.88
血中尿素窒素	mg/dl	15.3 ± 2.62	12.0 ± 2.89	11.0 ± 3.42
血中遊離脂肪酸	μ Eq/L	119 ± 28	123 ± 14	185 ± 185

表1-6 血中脂溶性ビタミン等濃度

項目\試験区		イネWCS区	コーン区	乾草区
α -トコフェロール	μ g/ml	2.72 ± 0.44 a	1.85 ± 0.46 b	1.52 ± 0.32 b
レチノール	μ g/ml	0.86 ± 0.22	0.76 ± 0.09	0.74 ± 0.08

同一行の異符号間に有意差有り(小文字 $P < 0.05$)

表1-7 乳中脂溶性ビタミン等濃度

項目\試験区		イネWCS区	コーン区	乾草区
α -トコフェロール	μ g/ml	0.91 ± 0.26 a	0.58 ± 0.12 b	0.49 ± 0.10 b
レチノール	μ g/ml	0.61 ± 0.24	0.58 ± 0.05	0.48 ± 0.09
β -カロテン	10 μ g/ml	0.77 ± 0.48	0.68 ± 0.45	0.64 ± 0.15

同一行の異符号間に有意差有り(小文字 $P < 0.05$)

表1-8 チーズ中脂溶性ビタミン等濃度

項目\試験区		イネWCS区	コーン区	乾草区
α -トコフェロール	μ g/ml	5.62 ± 0.99 a	4.22 ± 1.21 b	3.28 ± 0.63 b
レチノール	μ g/ml	2.74 ± 0.82	2.09 ± 0.24	1.32 ± 0.47

同一行の異符号間に有意差有り(小文字 $P < 0.05$)

表1-9 血中TBARS濃度

項目\試験区		イネWCS区	コーン区	乾草区
TBARS	nmol/L	51.1 ± 6.5 a	57.8 ± 11.1 ab	68.5 ± 11.9 b

試験2 乳中の機能性成分におよぼす濃厚飼料 給与の影響の検討

1. 材料及び方法

(1) 供試家畜

泌乳中期ホルスタイン種6頭

(2) 試験期間

平成27年7月6日～9月7日
3×3 ラテン方格法による飼養試験
(1期3週間×3期)

(3) 供試材料

【供試飼料】

①イネWCS

品種：リーフスター 熟期：
専用収穫機により細断梱包
乳酸菌添加
発酵品質を表2-1に示した。

②米ぬか

生米ぬか（購入飼料）を使用した。
TDN 80.5%、CP 16.8%
EE 21.0%

③加熱大豆

湿式処理加熱大豆を使用した。
TDN 80.5%、CP 16.8%
EE 21.4%

④市販配合飼料

乳用牛飼育用
TDN 70%、CP 15%

〈組成〉

穀類：39%（とうもろこし、玄米、小麦、末粉、コーンスターチ）

そうこう類：22%（コーングルテンフィード、ふすま、米ぬか）

油かす類：17%（なたね油かす、大豆油かす、加糖加熱処理大豆油かす）

その他：22%（ビートパルプ、アルファルファ、綿実、炭酸カルシウム、アルファルファミール、糖蜜、食塩等）

⑤市販配合飼料（高蛋白）

養牛用（クランブルペレット）
TDN 78%、CP 30%

〈組成〉

油かす類：60%（大豆粕）

穀類：15%（とうもろこし）

そうこう類：10%（米ぬか）

その他：22%（アルファルファミール、脂肪酸カルシウム、糖蜜、植物性油脂、炭酸カルシウム、食塩等）

⑥脱脂大豆粕

TDN 76%、CP 46%

⑦トウモロコシサイレージ

場内産
品種：P2088 熟期：乳熟期
発酵品質を表2-1に示した。

⑧オーツ乾草

購入乾草

⑨フェスキューストロー

購入乾草

【その他】

①牛乳

各試験区より採取した牛乳を用いて、フレッシュチーズ（モツアレラ）を作成した。

(4) 試験区 3区設定

①対照区

米ぬか及び加熱大豆を給与しない区

②米ぬか区

米ぬかの給与を乾物中12%とした区

③大豆区

加熱大豆の給与を乾物中12%とした区

飼料組成および成分含量（設計値）を表2-2に示した。

(5) 調査項目

飼料摂取量、乳量、乳成分、第一胃内容液性状、血液性状（一般成分及び脂溶性ビタミン類）、生乳及びその加工品（チーズ）中の脂溶性ビタミン類濃度

2. 結果及び考察

(1) 飼料摂取量および乳生産

乾物摂取量及び乳生産については、表2-3に示した。

乾物摂取量は試験区間で差は認められなかったが、大豆区で他の2区に比べて低い傾向を示した。これは、一般に加熱大豆など不飽和脂肪酸が多い飼料では乾物摂取量が低下する事が知られており²⁾、それが影響したこと、また大豆区において水分量の多い飼料（トウモロコシサイレージ）が多かった事が影響したと考えられる³⁾。

日乳量については、米ぬか区で他区に比べて有意に低い値を示した。これは米ぬか区の脂肪含量が高くかつ第一胃内での米ぬかの分解速度が速いことにより第一胃内のpHの低下が起こりやすいことが一般に知られており⁴⁾、繊維の分解性が低下したことが原因と考えられる。

乳成分については、試験区間で有意な差は認められなかったが、乳蛋白質率について米ぬか区で低い数字を示した。これは、米ぬかを増給すると、第一胃内のアンモニア態窒素濃度が増加する事が

知られており⁴⁾、タンパク質の利用性が低下したものと考えられる。

(2) 第一胃内容液性状

第一胃内容液性状については、表 2-4 に示した。A/P 比において、大豆区と比較して対照区、米ぬか区が有意に低い値を示した。米ぬか区で A/P 比が最も低い値を示しているが、これは米ぬかの第一胃内での分解性の早さ、エネルギー過剰であったことが反映された結果だと考えられる。

(3) 血液性状

一般血液性状については、表 2-5 に示した。いずれの項目においても正常値を示し、また試験区間で有意な差は見られなかった。

(4) 脂溶性ビタミン類濃度

血中、乳中及びチーズ中の脂溶性ビタミン等の濃度については、表 2-6、2-7、2-8 に示した。いずれの試験区間においても有意な差は認められなかった。しかし、 α -トコフェロールについては、血中、乳中いずれも米ぬか区および大豆区が対照

区と比較して高い値を示した。試験区ごとの生乳で作成したチーズについては、有意な差は認められず、いずれの区も同様な値を示した。

3. まとめ

泌乳中期ホルスタイン種に米ぬかまたは加熱大豆を乾物中 12% 給与したところ、有意差はみられなかったもの、血中や乳中で α -トコフェロール濃度が高い値を示したことから、米ぬかや加熱大豆を給与することで、乳中の α -トコフェロールの増強が図れる可能性が考えられた。ただし、大豆区では乾物摂取量の低下、米ぬか区では乳量の低下をもたらす結果となったことから、濃厚飼料を用いて α -トコフェロール供給量を強化するに当たっては、飼料中の脂肪含量が高くなることから、濃厚飼料を用いた α -トコフェロールの強化については、粗脂肪含量に留意する必要がある。

表2-1 サイレージの発酵品質

項目\	イネWCS(クサホナミ)		トウモロコシサイレージ		
	新鮮物中	有機酸物中 重量比	新鮮物中	有機酸物中 重量比	
水分	%	69.9	—	70.5	—
pH		3.83	—	3.92	—
酢酸	%	0.20	18.7	0.68	38.7
プロピオン酸	%	0.01	0.0	0.05	
酪酸	%	0.00	0.0	0.09	7.0
乳酸	%	0.89	81.3	0.52	38.7
アンモニア態N/全	%	5.76	—	8.49	—
V-SCORE		98.4	—	81.2	—
フリーク評点		—	98.0	—	41.2

表2-2 飼料組成及び成分含量(乾物%)

項目\試験区	対照区	米ぬか区	大豆区
飼料組成			
米ぬか	0.0	14.9	0.0
加熱大豆	0.0	0.0	14.6
イネWCS	33.0	35.0	34.4
トウモロコシサイレージ	4.9	9.2	13.3
オーツ乾草	8.3	0.0	2.4
トールフェスクストロー乾草	0.0	2.0	2.5
市販配合飼料(粗飼料入り)	43.9	29.7	31.1
市販配合飼料(高蛋白)	6.4	0.0	0.0
脱脂大豆粕	1.9	6.6	0.0
その他	1.6	4.6	4.2
成分含量			
乾物率	56.5	52.5	49.9
可消化養分総量	68.7	68.7	69.9
粗蛋白質	14.4	14.6	15.5
粗脂肪	3.1	5.6	5.7
中性デタージェント繊維	35.4	35.2	35.3

表2-3 飼料摂取量および乳生産

項目\試験区	対照区	米ぬか区	大豆区
乾物摂取量	kg/日 22.6 ± 2.24	20.8 ± 2.02	23.5 ± 3.52
乳量	kg/日 32.7 ± 1.94 a	28.3 ± 3.00 b	32.2 ± 4.21 a
乳脂率	% 3.53 ± 0.59	3.55 ± 0.43	3.45 ± 0.29
乳蛋白質率	% 3.11 ± 0.23	2.99 ± 0.23	3.04 ± 0.09
無脂固形分率	% 8.43 ± 0.27	8.30 ± 0.31	8.39 ± 0.14
乳中尿素窒素	mg/dl 11.8 ± 2.93	14.9 ± 2.71	15.2 ± 2.57

同一行の異符号間に有意差有り(小文字 $P < 0.05$)

表2-4 第一胃内溶液性状

項目\試験区	対照区	米ぬか区	大豆区
pH	6.72 ± 0.30	6.9 ± 0.20	6.67 ± 0.21
アンモニア態窒素	mg/dl 11.7 ± 2.50	10.4 ± 1.18	10.2 ± 3.62
総VFA濃度	mmol/dl 7.83 ± 1.34	6.28 ± 1.27	7.67 ± 1.04
酢酸	mmol/dl 5.01 ± 0.76	4.06 ± 0.87	5.14 ± 0.70
プロピオン酸	mmol/dl 1.59 ± 0.35	1.32 ± 0.21	1.39 ± 0.17
イソ酪酸	mmol/dl 0.07 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.07 ± 0.01
酪酸	mmol/dl 0.93 ± 0.29	0.64 ± 0.15	0.85 ± 0.17
A/P比	3.23 ± 0.41 a	3.06 ± 0.26 a	3.69 ± 0.17 b

同一行の異符号間に有意差有り(小文字 $P < 0.05$)

表2-5 血液一般性状

項目\試験区		対照区	米ぬか区	大豆区
グルコース	mg/dl	50.8 ± 9.69	50.5 ± 7.43	46.8 ± 5.81
GOT	IU/L	41.7 ± 6.87	55.0 ± 10.9	50.0 ± 14.3
γ-GTP	IU/L	39.7 ± 6.67	42.7 ± 3.50	41.3 ± 5.82
総コレステロール	mg/dl	199 ± 62.6	251 ± 61.0	250 ± 73.8
血中尿素窒素	mg/dl	21.7 ± 6.82	20.7 ± 4.96	17.5 ± 5.65
血中遊離脂肪酸	μEq/L	220 ± 36.4	236 ± 30.5	254 ± 40.2

表2-6 血中脂溶性ビタミン濃度

項目\試験区		対照区	米ぬか区	大豆区
α-トコフェロール	μg/ml	2.52 ± 0.75	2.97 ± 0.94	2.92 ± 1.00
レチノール	μg/ml	0.65 ± 0.04	0.69 ± 0.09	0.67 ± 0.20

表2-7 乳中脂溶性ビタミン等濃度

項目\試験区		対照区	米ぬか区	大豆区
α-トコフェロール	μg/ml	0.84 ± 0.21	1.04 ± 0.05	1.07 ± 0.27
レチノール	μg/ml	1.13 ± 0.18	1.28 ± 0.24	1.05 ± 0.27
β-カロテン	μg/ml	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01

表2-8 チーズ中脂溶性ビタミン等濃度

項目\試験区		対照区	米ぬか区	大豆区
α-トコフェロール	μg/ml	4.96 ± 1.66	5.03 ± 1.49	4.95 ± 2.05
レチノール	μg/ml	4.10 ± 1.66	4.23 ± 1.17	5.12 ± 1.87
β-カロテン	10μg/ml	1.95 ± 0.85	2.02 ± 0.54	1.81 ± 0.72

試験1、2の結果より濃厚飼料由来による方法に比べイネWCS多給によるα-トコフェロールの強化がより有効だと考えられる。以上の結果を踏まえ、分娩ストレス、乳量増加によるエネルギー不足等のストレスが多い泌乳前期において、牛のストレス軽減と乳中機能的成分増強効果が得られるか検討することとした。

試験3 泌乳前期牛へのイネWCS給与による乳中ビタミンの影響

1. 材料及び方法

(1) 供試家畜

泌乳前期ホルスタイン種 12頭

※H28、H29年度の7月～9月に分娩したホルスタイン経産牛

(2) 試験期間

H28年7月4日～11月11日

H29年8月3日～11月15日

※各牛分娩1週間後から9週間後までを試験期間

とし、期間中同一飼料を給与した。

(3) 供試飼料

①イネWCS

品種：たちすずか 熟期：黄熟期

専用収穫機により細断梱包

乳酸菌添加

発酵品質を表3-1に示した。

②トウモロコシサイレージ

品種：P2088

熟期：乳熟期

発酵品質を表3-1に示した。

③オーツ乾草

購入乾草（試験2に同じ）

④市販配合飼料

乳用牛飼育用（試験2に同じ）

⑤市販配合飼料（高蛋白）

養牛用（試験2に同じ）

⑥ビートパルプ

市販飼料

TDN 64.6% CP 10.9%

※各飼料のビタミン類濃度を、表3-2に示した。

(4) 試験区 3区設定

①10%区

イネWC Sを乾物中10%配合したTMRを給与する区（4頭）

②25%区

イネWC Sを乾物中25%配合したTMRを給与する区（4頭）

③40%区

イネWC Sを乾物中40%配合したTMRを給与する区（4頭）

飼料組成および成分含量（設計値）を表3-3に示した。また、各試験区の飼料中脂溶性ビタミン含量については、表3-4に示した。

(5) 調査項目

飼料摂取量、乳量、乳成分、第一胃内容液性状、血液性状（一般成分及び脂溶性ビタミン類、TBARS）、生乳及びその加工品（チーズ）中の脂溶性ビタミン類濃度、乳中ヘキサナール濃度

2. 結果及び考察

(1) 飼料摂取量および乳生産

乾物摂取量及び乳生産については、表3-5に示した。乾物摂取量及び日乳量は、25%区が10%区と比較して有意に低い値を示した。これは、25%区の給与飼料が最も乾物率が低い飼料であったことが起因すると考えられる。

日乳量は、有意な差は見られなかった。乳蛋白質率及び無脂固形分率は、40%区が10%区に比べて有意に低い値を示した。これは、イネWC S多給した場合におけるエネルギーの不足を表しているものと考えられる。また、乳中尿素窒素は、40%区が他区と比べて有意に高かった。乳脂率は、40%区が10%区に比べて有意に高い値を示した。

(2) 第一胃内容液性状

第一胃内容液性状については、表3-6に示した。第一胃内容液性状については、いずれの項目においても有意な差は見られなかった。

(3) 血液性状

血液一般性状は、表3-7に示した。GOT、 γ -GTP、総コレステロール、血中尿素窒素でいずれも40%区が10%区に比べて高い値を示した。40%区において飼料中のTDN含量が低く、有意差は無かったが乾物摂取量が低かったことなどから、エネルギー充足率が低かったものと推察される。

(4) 脂溶性ビタミン類及びTBARS濃度

血中、乳中及びチーズ中の脂溶性ビタミン等の濃度は、表3-8、3-9、3-10に示した。血中及び乳中いずれにおいても α -トコフェロール、 β -カロ

テン濃度について、40%区が10%区に比べて有意に高い値を示した。一方で、レチノールについては、有意な差は見られなかった。また、サンプリングした生乳で作成したチーズについても、乳中同様、 α -トコフェロール、 β -カロテン濃度は、40%区で10%区に比べ有意に高い値を示した。レチノールは、有意な差は認められなかった。TBARSは、いずれの試験区間においても有意な差は見られなかった。

(5) 乳中ヘキサナール濃度

乳中ヘキサナール濃度の経日変化は、表3-11に示した。168時間経過時の濃度において、40%区が10%区に比べて有意に高い値を示した。ヘキサナールは、生乳中の脂質の酸化により発生することが知られており、40%区で抗酸化作用をもつ α -トコフェロール濃度が多かったことに起因すると考えられる。

3. まとめ

泌乳前期ホルスタイン種にイネWC Sを乾物中40%給与する事で、血中および乳中の脂溶性ビタミン濃度を強化でき、生乳の脂質の酸化を抑える可能性が示唆された。しかし、TBARSについては、10%区と40%区で差が見られず、酸化ストレス低減効果は認められなかった。また40%区においては、血中尿素窒素や血中遊離脂肪酸濃度が基準値を大きく上回るなど、エネルギー不足に陥っている可能性が示唆された。泌乳前期にイネWC Sを多給する場合は、TDNや乾物率が低くなりやすいことが予想されることから、含量の高い飼料設計にするなどし、エネルギー不足に陥らないように充分注意する必要がある。本試験の第一胃内性状や乳タンパク質率、乳脂肪率のバランスを見る限りでは、アシドーシスの危険性は、多給区ほど薄いことから、本試験の40%飼料設計の配合飼料の給与割合を増やしてTND含量を上げたメニューで給与することも可能だと考える。

本試験では、25%区で乾物摂取量が最も低い値を示したが、広島県の試験によると、乾物摂取量が低い泌乳初期において、イネWC Sの給与量が増加した場合、乾物摂取量が低下した⁵⁾と報告している。

それらを考慮し、食い込みのよい早い熟期のもの、細断長が短い物(1.5~3.0cm)を利用するなど、乾物摂取量が高く維持されるものを用いることがより望ましいと考えられる。

表3-1 サイレージの発酵品質

項目 \	イネWCS(たちすずか)		トウモロコシサイレージ		
	新鮮物中	有機酸物中 重量比	新鮮物中	有機酸物中 重量比	
水分	%	68.1	—	71.8	—
pH		4.20	—	3.72	—
酢酸	%	0.58	47.8	0.89	43.2
プロピオン酸	%	0.05		0.05	
酪酸	%	0.00	0.0	0.03	1.4
乳酸	%	0.67	52.2	1.08	55.4
アンモニア態N/全	%	8.66	—	8.90	—
V-SCORE		88.1	—	80.0	—
フリーク評点		—	69.0	—	62.1

表3-2 給与飼料中のビタミン濃度(乾物中)

飼料名	α -トコフェロール mg/kg	β -カロテン mg/kg
イネWCS	127.6	5.8
トウモロコシサイレージ	29.4	11.4
オーツ乾草	2.5	検出できず
市販配合飼料	16.2	検出できず
市販配合飼料(高蛋白)	23.7	検出できず
ビートパルプ	3.7	0.1
ビタミン剤	2272.7	—

表3-3 飼料組成及び成分含量(乾物%)

項目 \ 試験区	10%区	25%区	40%区
飼料組成			
イネWCS	10.6	24.9	39.6
トウモロコシサイレージ	22.2	24.1	10.0
オーツ乾草	11.8	0.0	0.0
市販配合飼料	42.3	36.3	38.4
市販配合飼料(高蛋白)	5.4	8.7	10.0
ビートパルプ	5.3	4.1	0.0
その他	2.4	1.9	2.0
成分含量			
乾物率	53.7	46.9	50.1
可消化養分総量	70.9	70.8	69.2
粗蛋白質	14.6	14.9	15.1
粗脂肪	6.4	6.0	6.2
中性デタージェント繊維	35.5	34.5	33.2

表3-4 各試験区の飼料中のビタミン類含量(乾物中)

項目\区		10%区	25%区	40%区
α-トコフェロール				
ビタミン剤を含む	mg/kg	83.2	90.1	107.5
	%	(16.3)	(35.3)	(47.0)
ビタミン剤を除く	mg/kg	28.7	47.0	62.1
	%	(47.2)	(67.7)	(81.4)
β-カロテン	mg/kg	32.4	48.7	52.3

※()内は、イネWCSの寄与率を示す

表3-6 飼料摂取量および乳生産

項目\試験区		10%区	25%区	40%区
乾物摂取量	kg/日	24.4 ± 3.1 a	23.3 ± 2.5 b	23.9 ± 3.7 ab
乳量	kg/日	43.7 ± 5.4	43.4 ± 3.4	43.0 ± 5.1
乳脂率	%	3.33 ± 0.47 A	3.57 ± 0.55 AB	3.75 ± 0.69 B
乳蛋白質率	%	3.00 ± 0.18 A	2.98 ± 0.20 B	2.84 ± 0.17 C
無脂固形分率	%	8.53 ± 0.21 A	8.53 ± 0.20 A	8.24 ± 0.19 B
乳中尿素窒素	mg/dl	7.8 ± 2.3 A	11.0 ± 2.5 B	14.1 ± 1.9 C

※同一行の異符号間に有意差有り(大文字P<0.01、小文字P<0.05)

表3-5 第一胃内容液性状

採乳後経過時間\試験区		10%区	25%区	40%区
pH		6.46 ± 0.34	6.93 ± 0.55	6.87 ± 0.18
アンモニア態窒素	mg/dl	7.26 ± 2.17	7.58 ± 1.93	9.52 ± 2.47
総VFA濃度	mmol/dl	7.90 ± 0.56	8.11 ± 1.87	7.67 ± 0.83
酢酸	mmol/dl	4.62 ± 0.53	4.89 ± 1.12	4.85 ± 0.56
プロピオン酸	mmol/dl	2.15 ± 0.36	1.95 ± 0.55	1.64 ± 0.13
イソ酪酸	mmol/dl	0.06 ± 0.01	0.07 ± 0.02	0.07 ± 0.02
酪酸	mmol/dl	0.80 ± 0.14	0.94 ± 0.29	0.86 ± 0.15
A/P比		2.22 ± 0.43	2.56 ± 0.44	2.96 ± 0.31

表3-7 血液一般性状

項目\区		10%区	25%区	40%区
グルコース	mg/dl	44.7 ± 8.0	46.6 ± 7.1	42.0 ± 5.4
GOT	IU/L	47.7 ± 8.2 a	62.7 ± 15.2 b	67.1 ± 23.6 b
γ-GTP	IU/L	34.2 ± 8.6 a	31.9 ± 6.2 a	38.8 ± 9.4 b
総コレステロール	mg/dl	149 ± 48 a	150 ± 59 a	185 ± 73 b
総タンパク質	mg/dl	7.3 ± 0.5 ab	6.9 ± 0.6 a	7.5 ± 0.8 b
Ca	mg/dl	10.1 ± 1.3	9.4 ± 0.7	9.9 ± 1.0
血中尿素窒素	mg/dl	8.9 ± 2.3 A	12.9 ± 3.1 B	19.1 ± 3.0 C
血中遊離脂肪酸	μEq/L	137 ± 70	180 ± 81	460 ± 166

同一行の異符号間に有意差有り(大文字P<0.01、小文字P<0.05)

表3-8 血中脂溶性ビタミン等濃度

項目\試験区		10%区	25%区	40%区
α -トコフェロール	$\mu\text{g/ml}$	2.32 \pm 0.91 a	2.43 \pm 0.83 a	2.90 \pm 1.08 b
レチノール	$\mu\text{g/ml}$	0.59 \pm 0.29	0.71 \pm 0.25	0.52 \pm 0.25
β -カロテン	$\mu\text{g/ml}$	0.55 \pm 0.20 a	1.06 \pm 0.63 ab	1.26 \pm 1.17 b

同一行の異符号間に有意差有り(小文字 $P < 0.05$)

表3-9 乳中脂溶性ビタミン等濃度

項目\試験区		10%区	25%区	40%区
α -トコフェロール	$\mu\text{g/ml}$	0.52 \pm 0.09 a	0.67 \pm 0.11 ab	0.76 \pm 0.14 b
レチノール	$\mu\text{g/ml}$	0.76 \pm 0.24	0.69 \pm 0.30	0.80 \pm 0.24
β -カロテン	$\mu\text{g/ml}$	0.31 \pm 0.05 a	0.31 \pm 0.10 a	0.46 \pm 0.17 b

同一行の異符号間に有意差有り(小文字 $P < 0.05$)

表3-10 チーズ中脂溶性ビタミン等濃度

項目\試験区		10%区	25%区	40%区
α -トコフェロール	$\mu\text{g/ml}$	0.52 \pm 0.09 a	0.67 \pm 0.11 ab	0.76 \pm 0.14 b
レチノール	$\mu\text{g/ml}$	0.76 \pm 0.24	0.69 \pm 0.30	0.80 \pm 0.24
β -カロテン	$\mu\text{g/ml}$	0.31 \pm 0.05 a	0.31 \pm 0.10 a	0.46 \pm 0.17 b

同一行の異符号間に有意差有り(小文字 $P < 0.05$)

表3-11 乳中のヘキサナール濃度の経時的変化

採乳後経過時間\試験区		10%区	25%区	40%区
24時間	$\mu\text{g/L}$	24.20 \pm 19.0	41.71 \pm 17.7	21.03 \pm 16.1
48時間	$\mu\text{g/L}$	35.11 \pm 21.7	30.00 \pm 22.0	22.46 \pm 12.5
72時間	$\mu\text{g/L}$	34.04 \pm 10.8	32.33 \pm 17.1	26.18 \pm 13.1
168時間	$\mu\text{g/L}$	57.37 \pm 41.5 a	23.10 \pm 15.1 ab	14.71 \pm 5.9 b

同一行の異符号間に有意差有り(小文字 $P < 0.05$)

まとめ

以上の試験1~3の結果から、イネWCSを給与することで、乳中や血中の脂溶性ビタミン濃度を強化することができることが明らかとなった。加えて、酸化ストレス低減効果も期待できる可能性も考えられる。

ただし、泌乳量が多く、乾物摂取量の低い泌乳前期牛においては、エネルギー不足に陥りやすいことを留意しなければならない。

乳牛に対し、イネWCSを安全に給与できる目安

は、泌乳最盛期(乳量40kg以上)で現物量3~6kg程度、中期以降では6~8kg程度とされる⁶⁾。これは、刈取り時期による成分のばらつきや嗜好性のばらつきを考慮して設定されたものである。

本試験では、目安の給与量を超えたことで、乾物摂取量の低下、エネルギー不足や乳量の低下などが見られたことから、給与には留意する必要がある。

牛への負荷を考慮に入れると、 α -トコフェロール濃度の高い生乳を生産するためには、泌乳中後期にイネWCSを多給することが望ましいと考える。

引用文献

- 1) 石田元彦・Islam MR・安藤貞・坂井 真・吉田宣夫(2000) 飼料イネ「関東飼206号」ロールペールサイレージ給与乳牛の乳生産と飼料の利用性に関する予備的な観察. 関東畜産学会報 50:14-21
- 2) 木村信熙・阿部亮・野中和久・永西修 飼料特性を理解して上手に設計に活かす。DairyJapan:205-207, 248-251
- 3) 中央畜産会 日本飼養標準乳牛(2017年版):4-5

- 4) 昆野大次 道産飼料 100%の乳牛飼養法 (1) 農業副産物の第一胃内発酵特性：根釧農試 酪農研究通信 第 15 号 206 年 3 月)
- 5) 新出昭吾・大坂隆志 (2005) 泌乳前期における混合飼料中の稲発酵粗飼料の混合割合は 25%程度が適正. 近畿中国四国地域における新技術第 5 号：114-117
- 6) 一般社団法人日本草地畜産種子協会 稲発酵粗飼料生産・給与マニュアル第 6 版 (平成 26 年 12 月) : 108-123