

乳酸生成糸状菌を添加した 農産副産物サイレージの 発酵特性と給与試験

1. はじめに

農産副産物は、北海道だけでもポテトパルプ（澱粉粕）が年間約10万t、スイートコーン残渣（皮、芯など）が4万t、屑ニンジンが7千t、カボチャワタが5千tも排出されている。このほかにも、トウフ粕（オカラ）や屑ナガイモなども排出されている。これらの農産副産物のTDN（可消化養分総量）を合計すると、少なくとも2万t以上になる。これは、7,000頭以上の肉用牛を育成・肥育できる量に相当する。飼料自給率の低いわが国において、これらの農産副産物を有効利用することは、飼料自給率の改善とあわせて飼料の安全性も確保することになる。しかし、農産副産物は水分含量が約80%と高く、また特定時期に多量に排出されるなどの理由から、飼料として十分に利用されていないのが現状である。

サイレージ化することにより、水分含量の多い農産副産物に保存性が付与でき、季節的に偏って排出される農産副産物が年間を通して利用できるようになる。サイレージは、乳酸への発酵を促進させる一方で酪酸への発酵を抑制すると、良好な発酵品質となる。そこ

で、東南アジアで発酵食品のスタータに用いられ、経験的に食品への安全性が知られている乳酸生成糸状菌（*Amylomyces rouxii*）を農産副産物に添加してサイレージを調製した。このサイレージについて、発酵特性を評価し、さらに肉用牛と搾乳牛を用いて給与試験を行ったので紹介する。

2. 乳酸生成糸状菌を添加したポテトパルプサイレージの発酵特性

今回は、北海道で排出量の多いポテトパルプをサイレージにして有効利用することを目的にした。ポテトパルプに乳酸生成糸状菌麴を1%添加、あるいは無添加のままトランスバックでサイレージに調製した。それぞれ8個のサイレージについて発酵品質を調べた。その結果、乳酸生成糸状菌添加区は無添加区に比べて発酵が促進され、揮発性成分も増加

表1 糸状菌添加ポテトパルプサイレージの品質

	糸状菌添加区 (n=8)	無添加区 (n=8)
貯蔵日数 (日)	56.4±9.9	54.9±10.8
pH	3.35±0.12	3.36±0.07
乳酸 (%FM)	1.23±0.12 ^a	1.06±0.17 ^b
酢酸 (%FM)	0.28±0.05 ^c	0.21±0.03 ^d
エタノール (%FM)	0.09±0.03 ^c	0.03±0.01 ^d

有意差a,b : P<0.05, c,d : P<0.01

(三浦ら, 2004)

していた(表1)。また、添加区ではカビ発生や腐敗は無添加区より少なかった。

ポテトパルプのサイレージは、水分約80%で、CP(粗タンパク質)含量が少なかった。そこで、これらの欠点を改善するために、ポテトパルプにフスマ、乾燥オカラおよび米ぬかを混合して、水分含量を約50%に低減させ、CP含量の多い乳酸生成糸状菌添加バイオマスサイレージ(以下:AS)を調製した(表2)。このASは、水分含量が少ないので、冬季でも凍結せず、通年利用が可能であった。

3. 肉用牛での飼養試験

乳用種去勢肥育牛を用いて、乳酸生成糸状菌麩を添加したポテトパルプサイレージ(以下:APS)および無添加のポテトパルプサイレージ(以下:CPS)をそれぞれ給与した試験区と、ポテトパルプサイレージを給与せず、肥育牛用飼料を給与した対照区を設定して、飼養試験を実施した。42日間の飼養試験(APS給与区:11頭、CPS給与区:12頭、対照区:11頭)において増体量と血液成分を調査した。また、同上の飼料を用いた81日間の飼養試験(APS給与区:8頭、CPS給与区:7頭、対照区:9頭)において格付成績と肉質を調査した。

さらに、乳用種去勢肥育牛を用いて、上記のAS給与区(8頭)およびASと同材料に乳酸生成糸状菌無添加の低水分バイオマスサイレージ(以下:CS)給与区(7頭)、対照区(9頭)からなる42日間の飼養試験を行ない、増体量と血液成分を調査した。

その結果、増体量は、APS、CPS、対照区、またはAS、CS、対照区の順に大きい値を示した(表3)。肥育牛の血液成分では、APSまたはCPS給与により血中尿素態窒素の低下がみられたが、他の成分には影響がなかった

表2 乳酸生成糸状菌添加ポテトパルプサイレージおよび乳酸生成糸状菌添加バイオマスサイレージの飼料成分(%)

	ポテトパルプサイレージ		バイオマスサイレージ ¹⁾	
	添加区	無添加区	添加区	無添加区
水分	78.5	79.3	50.6	50.8
乾物	21.5	20.7	49.4	49.2
粗タンパク質	5.3	5.3	17.4	17.0
でんぷん	56.8	56.6	27.5	29.7
粗脂肪	0.3	0.1	5.8	5.4
灰分	1.5	1.5	4.1	4.0
TDN ²⁾	68.4	67.7	79.6	79.0

乾物以外は、乾物中割合。

1) ポテトパルプ300kg、ふすま80kg、乾燥オカラ100kg、米ぬか20kgを混合して調製。添加区には糸状菌麩を1%添加

2) 日本標準飼料成分表(2001年版)による推定値

表3 糸状菌添加ポテトパルプサイレージまたは糸状菌添加低水分バイオマスサイレージ給与が乳用種去勢牛の日増体量に及ぼす影響(単位:kg/日)

	添加区	無添加区	対照区
肥育後期牛 ¹⁾	1.36±0.21 ^a	1.01±0.25 ^b	0.82±0.19 ^c
肥育後期牛 ²⁾	1.27±0.31	1.19±0.24	1.09±0.17
肥育後期牛 ²⁾	0.99±0.25	0.88±0.35	0.85±0.28

a,b,c: P<0.05

¹⁾ 添加区にはAPS、無添加区にはCPSを給与

²⁾ 添加区にはAS、無添加区にはCSを給与

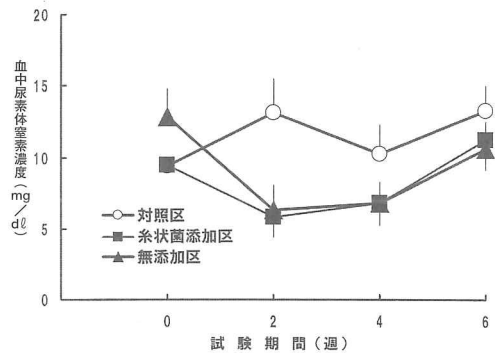


図 乳酸生成糸状菌添加ポテトパルプサイレージ給与が肥育牛の血中尿素態窒素濃度に及ぼす影響

表4 乳酸生成糸状菌添加バイオマスサイレージ給与が乳用種去勢牛の血液成分に及ぼす影響

	添加区 ¹⁾	無添加区 ¹⁾	対照区
アルブミン(g/dl)	3.4±0.2	3.5±0.3	3.5±0.2
総コレステロール(mg/dl)	103.3±23.3	110.7±18.4	102.0±19.6
遊離脂肪酸(μEq/l)	68.8±23.9	118.4±53.5	93.6±33.4
中性脂肪(mg/dl)	18.5±5.8	16.8±4.4	15.3±3.3
血糖値(mg/dl)	80.9±3.5	86.9±4.0	79.8±3.0
尿素態窒素(mg/dl)	9.0±0.9	10.6±1.2	9.3±1.3
乳酸(mg/dl)	16.9±5.7	16.0±5.8	14.3±4.9

¹⁾ ポテトパルプ300kg、ふすま80kg、乾燥オカラ100kg、米ぬか20kgを混合して調製。添加区には糸状菌麩を1%添加

(図)。ASまたはCS給与では、血液成分の変動はみられなかった(表4)。また、APSおよびCPSの給与では、格付成績と肉質に影響はみられなかった(表5)。

以上のことから、乳酸生成糸状菌を添加し

表5 乳酸生成糸状菌添加ポテトパルプサイレージ
給与がホルスタイン種去勢肥育牛の出荷体重
と枝肉格付等級に及ぼす影響

	添加区 ¹⁾ (n=8)	無添加区 ²⁾ (n=7)	対照区 (n=9)
出荷体重 (kg)	768.5±35.3	752.3±36.7	748.0±42.0
歩留等級	1.88±0.35	2.0±0.00	1.89±0.60
肉質等級	2.13±0.35	2.14±0.38	2.00±0.00
枝肉重量 (kg)	422.0±24.0	421.6±24.4	404.7±26.1
胸最長筋面積 (cm ²)	39.3±3.7	41.3±4.3	41.8±7.9
バラ厚 (cm)	5.9±0.5	5.8±0.5	5.4±0.7
皮下脂肪厚 (cm)	1.7±0.4	1.7±0.4	1.8±0.2
歩留基準値	69.6±0.6	69.8±0.6	69.7±1.4
BMS No.	2.1±0.4	2.3±0.8	2.3±0.5
脂肪交雜等級	2.1±0.4	2.1±0.4	2.3±0.5
BCS No.	3.8±0.5	4.1±0.5	3.8±0.4
肉の光沢	2.3±0.5	2.1±0.4	2.2±0.4
肉の色沢等級	2.3±0.5	2.1±0.4	2.2±0.4
肉の締まり	2.3±0.5	2.3±0.5	2.1±0.3
肉のきめ	3.0±0.0	2.9±0.4	2.9±0.3
締まり・きめ等級	2.3±0.5	2.3±0.5	2.1±0.3
BFS No.	2.0±0.0	2.0±0.0	2.1±0.0
脂肪の光沢と質	4.0±0.0	4.0±0.0	4.0±0.0
脂肪等級	4.0±0.0	4.0±0.0	4.0±0.0

歩留等級はA=3、B=2、C=1として算出 (日高ら 2006)
¹⁾ 乳酸生成糸状菌 (*Amylomyces rouxii*) 添加ポテトパルプサイレージ給与区
²⁾ 無添加ポテトパルプサイレージ給与区

表6 搾乳牛に対する乳酸生成糸状菌添加ポテトパルプ
サイレージ給与が乳量・乳質に及ぼす影響

	対照期 (9月)	添加期 ¹⁾ (10月)	無添加期 ¹⁾ (11月)	対照期 (12月)
乳量 (kg/日)	26.3±6.4	23.8±6.1	23.1±5.7	20.2±6.5
乳脂率 (%)	4.32±0.59	4.22±0.83	4.55±0.84	4.56±0.88
乳蛋白率 (%)	3.33±0.33	3.56±0.64	3.62±0.37	3.66±0.49
乳糖率 (%)	4.49±0.17	4.47±0.20	4.57±0.18	4.47±0.19
無脂固形 (%)	8.80±0.35	9.01±0.61	9.19±0.40	9.51±0.48
MUN (mg/dℓ) ²⁾	12.7±1.8 ^a	8.7±1.9 ^b	11.6±3.0 ^{ab}	9.0±2.2 ^{ab}

¹⁾ 圧片トウモロコシ80kgと替えて、糸状菌添加ポテトパルプサイレージ (添加期) または無添加ポテトパルプサイレージ (無添加期) 500kgを給与
²⁾ 乳中尿素態窒素濃度

表7 搾乳牛に対する乳酸生成糸状菌添加低水分バイオ
マスサイレージ給与が乳量・乳質に及ぼす影響

	対照期 (9月)	無添加期 ¹⁾ (10月)	添加期 ¹⁾ (11月)	対照期 (12月)
乳量 (kg/日)	28.6±8.1 ^a	27.3±7.9 ^{ab}	26.3±7.7 ^{ab}	23.2±7.5 ^b
乳脂率 (%)	4.61±0.95	4.54±0.96	5.08±1.02	4.95±1.17
乳蛋白率 (%)	3.55±0.45 ^a	3.54±0.44 ^a	3.84±0.51 ^b	3.85±0.52 ^b
乳糖率 (%)	4.54±0.18	4.48±0.22	4.53±0.15	4.44±0.17
無脂固形 (%)	9.09±0.47 ^a	9.03±0.46 ^a	9.38±0.49 ^b	9.72±0.49 ^{ab}
MUN (mg/dℓ) ²⁾	10.4±2.5 ^a	11.6±2.0 ^b	11.6±2.2 ^{ab}	10.9±2.3 ^{ab}

¹⁾ 圧片トウモロコシ80kgと替えて、糸状菌添加ポテトパルプサイレージ (添加期) または無添加ポテトパルプサイレージ (無添加期) 500kgを給与
²⁾ 乳中尿素態窒素濃度

たポテトパルプサイレージおよび低水分バイオマスサイレージは、肉用牛の飼料として有用であると考えられた。

4. 搾乳牛での評価試験

群管理されている搾乳牛を用いて、9月と12月を対照期、10月と11月を試験期として、飼料中の圧片トウモロコシをAPS (試験牛: 61頭) またはCPS (試験牛: 61頭) に替えて給与し、乳量、乳成分を検討した。さらに、配合飼料の一部をAS (試験牛: 45頭) またはCS (試験牛: 45頭) に替えて給与し、乳量と乳成分を検討した。

その結果、APSの給与では、乳中の尿素態窒素濃度 (以下: MUN) が低下したが、他の乳成分には影響がなかった (表6)。また、配合飼料の一部をASにしての給与では、乳量の減少がなく、MUNも変化しなかった (表7)。

搾乳牛用の飼料構成は、エネルギーとタンパク質の給与量とその比率が重要とされており、APSの給与では、エネルギー給与量に

対して粗タンパク質の給与量が不足するために、MUNが低下したと考えられた。また、ASの給与では、飼料中のCP含量がAPSより高く (表2)、飼料中のエネルギーとタンパク質の比率は適正と考えられた。したがって、農産副産物などのバイオマスを飼料として利用する場合には、その飼料成分を知り、他の飼料と上手に組み合わせて利用することが重要である。

5. まとめ

ポテトパルプは高水分で低タンパク質であるが、そのまま乳酸生成糸状菌を添加してサイレージに調製し、肉用牛および搾乳牛のエネルギーの補給飼料として十分に利用できる。この調製法のポテトパルプサイレージは水分含量が多いため、北海道の冬季の厳しい寒さでは凍結するので通年利用は不可能である。

そこで、ポテトパルプを低水分バイオマスと混合した後、乳酸生成糸状菌を添加して調製した低水分サイレージは、これらの欠点が改善され、バイオマス利用には有用な方法と

考えられる。

肥育牛では、APSやASの給与で増体量が良かったのは、乳酸生成糸状菌添加により消化性が向上したためと考えられた。また、搾乳牛へのASの給与ではMUNや乳量の低下がないことから、バイオマスを混合してサイレージに調製することにより、これらの低下が改善されると考えられた。

今後、農産副産物などのバイオマスをサイレージに調製して、飼料として通年利用するには、TMR (Total mixed ration) センターを設置し、バイオマスの収集、保管、調製および配送を計画的に実施するバイオマス飼料利用システムの確立が必要と思われる。

謝辞：本研究は、文部科学省（科学技術振興調整費・先導的研究等の推進平成13～15年度）および農

林水産省（農林水産バイオリサイクル研究プロジェクト平成16～18年度）の支援を受けて実施した研究の一部である。関係各位に深謝申しあげる。

参考文献

1. 日高 智ら：科学技術総合研究委託費，先導的研究棟の推進，平成15年度研究成果報告書，110-155（2004）
2. 日高 智：酪総研選書No.81，目で見る飼料作物のすべて（山下太郎編），酪農総合研究所，札幌，83-84（2005）
3. 日高 智ら：北畜会報，48，65-70（2006b）
4. 三浦俊治ら：科学技術総合研究委託費，先導的研究棟の推進，平成15年度研究成果報告書，95-108（2004）
5. 農業技術研究機構：日本標準飼料成分表（2001年版），中央畜産会，東京（2001）

今月の表紙

エチオピアは、牛の総頭数が約3,800万頭でアフリカ随一の牧畜国です。農家調査で一軒の耕作農家を訪問しました。「先祖から受け継いだ農地を守り、牛を飼ってそれを子孫に伝えてゆく、これが俺たちの誇りさ」と農民魂を語る彼らの姿に思わず圧倒された時の一枚です。

（財）日本国際協力システム 中谷 政義