

バガスのアルカリ処理及び蒸煮処理による消化性の向上

仲宗根 一哉 長崎 祐二 玉代 勢 秀正

I はじめに

現在、製糖の工程からでるバガスのほとんどが製糖工場で使用する動力及びボイラー燃料として利用されており、現状でのバガスの燃料以外への利用はバガスの燃料価値を上回るものでなければならぬ。一方、バガスの高度利用を進める上で、廃熱乾燥によるバガスの含水率の低減とボイラーの改良による燃焼効率の向上や、蔗汁濃縮への膜技術の開発導入などにより、余剰バガスが得られる可能性がある。¹⁾ また、畜産においては、自給飼料基盤が依然として弱く、特に冬期における粗飼料確保は農家にとって、切実な問題である。このようなことから、バガスの飼料価値を高め、安定供給が可能となるならば資源の有効利用が図られるとともに畜産の振興につながるものと信ずる。

バガスの飼料化^{8, 10, 11, 20, 21)}についてはかなり以前から手がけられており、一部地域で実際に冬期の粗飼料として利用されている。しかしバガス自体の消化率が低く、従ってその栄養価も低い⁴⁾ことから、バガスの飼料化にあたっては、その消化性の向上が飼料価値を高める上で重要なポイントになると思われる。そこで化学的、物理的あるいは生物的な種々の処理方法が考えられるが、その場合に処理の効果はもちろんのこと、安全性、経済性、簡易性等を考慮し、その実用性を検討する必要がある。

バガス及びイナワラのアルカリ処理に関しては、カ性ソーダ処理^{1, 4, 16)}などがこれまで行われているが、近年、アンモニア処理や尿素処理が低質粗飼料に対する品質向上の新しい技術として注目されてきている。特に尿素処理は、アンモニア処理と比較して経済性、取り扱いの安全性の面で有利⁹⁾とされている。また木質系の蒸煮処理技術は消化率の向上に効果が高いといわれており、すでにシラカンバで実用化¹³⁾されている。そこで本試験ではこれらの方法によりバガスの消化性を向上させる目的で処理を行った。

また飼料の人工消化率の測定において、酵素を用いた成分の分画に基づく消化率測定法が開発²⁾され、優れた手法とされており、本報ではバガスに各種アルカリ処理及び蒸煮処理を施し、その消化性を酵素分析法により調査し、若干の知見を得たので報告する。

II 材料及び方法

1. 供試材料

(1) アンモニア処理バガス：風乾バガス約100 gに28%アンモニア水を現物あたりアンモニアとして1、2、4、6%添加した。その際、バガスの水分は各添加区とも20%になるよう調整した。添加後1000mlのガラス瓶に密栓して10日間放置した後60℃48時間乾燥させ、分析に供試した。

(2) カ性ソーダ処理バガス：風乾バガス約100 gを0.5、1、2、4%の濃度のカ性ソーダ100ml

に各々16時間浸漬した後十分に水洗し、60°C48時間乾燥させ、分析に供試した。

(3) 尿素処理バガス：風乾バガス約100 g に市販の尿粗肥料（窒素分46%）を水に溶かし、現物あたり4、6、8、10%添加した。その際、バガスの水分は各添加区とも30%になるよう調整した。添加後1000mlのガラス瓶に密栓して14日間放置した後60°C48時間乾燥させ、分析に供試した。

(4) 蒸煮処理バガス：林業試験場所有の木質系飼料化装置HZ-VB-40F型（日立造船製）を用いて20気圧(213°C)で蒸煮処理を行った後60°C48時間乾燥させ、分析に供試した。

2. 分析方法

(1) 中性デタージェント繊維(NDF)の定量：試料のNDFの定量は、VAN SOESTの方法を一部改変した堀井・阿部の方法⁵⁾により行った。

(2) 酸性デタージェント繊維(ADF)およびリグニン(ADL)の定量：試料のADFおよびADLの定量は、VAN SOESTの方法を一部改変した堀井・阿部の方法⁶⁾により行った。

(3) 酵素分析法による細胞内容物質(OCC)と細胞壁物質(OCW)の分離定量：OCCおよびOCWの定量は阿部らの方法²⁾により行った。その際、アミラーゼ処理は、省略した。

(4) 有機物(OM)の定量：OMの定量は常法¹²⁾により行った。

III 結果及び考察

表-1に酵素分析による各種処理バガスの有機物消化率(E-DOM)及び繊維含量を示した。以下各処理についてその結果を述べる。

1. アンモニア処理

アンモニア添加濃度が4%までは濃度を増すにしたがって、処理バガスの有機物消化率も増加した。特にアンモニア4%添加区では暖地型牧草に近い値を示した。またOCC、Oaの易消化性の区分については各画分とも増加しており、バガス中のリグニンの溶脱とともに、添加したアンモニア由来の窒素がOCCの中に含まれたことが予想される。また、アンモニア処理によって、リグニンの他にヘミセルロースの溶脱がみられたが、後述のカ性ソーダ処理と比較して、その損失の程度は少ないと判断された。今回の処理においては、処理期間を10日間として行ったが、バガスの場合イナワラなどと比較して、リグニン含量がかなり高く、細胞壁を強固にしているものと考えられ、さらに高濃度、長期間の処理を行う必要があるものと思われた。

2. カ性ソーダ処理

カ性ソーダ処理によるバガスの消化率の向上は著しく、1%濃度から牧草の有機物消化率を上回り、2%濃度では50%近い値を示した。これはリグニンの減少が消化率の向上に大きく影響を与えているものと思われる。一方、カ性ソーダ処理では消化率の向上する反面、かなりのヘミセルロースが損失するとともに処理濃度が高くなるにしたがって、全体の乾物の損失する割合が高

くなった。0.5%濃度での乾物損失割合は約15%であるが、4%濃度では約40%の乾物を損失した。カ性ソーダ処理については浸漬法の場合、ヘミセルロースなどを含め乾物の損失が大きいため、いわゆる半乾式法や乾式法による処理が有利¹⁴⁾といわれており、これらの処理方法も検討する必要がある。

3. 尿素処理

尿素処理の場合、有機物消化率をみるかぎり全体的に処理効果は低かった。しかし、易消化性の細胞内容物(OCC)が高く、未反応の尿素が残存している可能性が強い。

黒江⁹⁾らはイナワラを材料として尿素処理を行っており、60日間の貯蔵でその乾物消化率が50%近くまで向上したことを報告していることから、尿素処理について今後貯蔵期間、添加濃度などを検討する必要がある。

4. 蒸煮処理

蒸煮る処理を施したバガスの有機物消化率は約35%でカ性ソーダ処理に次いで高い値を示した。この値は寒地型牧草のそれを上回る値であった。木質系の場合、高温・高圧下の水蒸気で処理するとヘミセルロースに含まれるアセチル基が遊離して酢酸を生成し、この酢酸酸性下でリグニンによるセルロース・ヘミセルロースの包埋構造が破壊され、糖化性が向上する¹⁷⁾ことが知られており、繊維含量の高いバガスについても同様の効果があることが確認された。また、蒸煮処理の場合、特徴的なことはバガスの消化率の向上が、OCCの著しい増加に起因していることにあった。

IV 要 約

バガスの消化性の向上を目的に各種アルカリ処理と蒸煮処理を行った。その概要は次の通りである。

1. アンモニア添加により1～4%濃度の範囲で、処理濃度が高くなるにつれてバガスの有機物消化率は向上し、4%添加区の有機物消化率は向上し、4%添加区の有機物消化率は暖地型牧草のそれに近い値を示した。またヘミセルロースの減少がみられた。
2. カ性ソーダ液浸漬処理により0.5～2%濃度の範囲で処理濃度が高くなるにつれてバガスの有機物消化率は向上し、1%添加区の有機物消化率は牧草のそれを上回り、2%区では50%と著しく向上した。反面、ヘミセルロースなどの損失により15～40%の乾物の損失があった。
3. 尿素処理については14日間の処理期間ではその処理効果は認められなかった。
4. 蒸煮処理によりバガスの有機物消化率は約35%に向上し、寒地型牧草のそれを上回った。また易消化性である細胞内容物(OCC)の著しい増加が認められた。

V 引用文献

1. ARCHIBALD, J.G., The effect of sodium hydroxide on the composition, digestibility and feeding value of grain hulls and other fibrous materials. *J. Agric. Res.*, 27, 245-265, 1924
2. 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)、農林水産省畜産試験場、1988
3. 阿部 亮・亀岡暄一、ワラ類の尿素大豆粕処理による飼料価値向上の可能性、畜試研報、43、67-73、1985、
4. FAO、Tropical Feeds、424-426、1981
5. 堀井 聡・阿部 亮、粗飼料の細胞膜構成物質に関する研究、畜試研報、25、63-68、1972
6. _____ 23、83-87、1970
7. ITOH, H.: et al., Improving the nutritive values of rice straw and rice hulls ammonia treatment, *Jpn. J. Zootech. Sci.*, 46、87-93、1975
8. 木下登之 他2名、バガスの飼料化試験、沖縄畜産、No. 9、10-22、1974
9. 黒江秀雄 他3名、尿素処理による稲ワラの飼料価値改善効果について、第43回日本草地学会大会講演要旨：73、1988
10. 古賀儀保、バガス(Bagasse)の飼料利用に関する研究、畜産技術No.213、6-14、1973
11. 古謝瑞幸 他2名、バガス給与が若齢牛の発育に及ぼす影響、琉大農学部附属農場報告、1、78-88、1979
12. 森本 宏、動物栄養試験法、養賢堂、PP 280-298、1971
13. 農林水産省、蒸煮シラカンバによる乳牛および肉牛の飼養マニュアル、1987
14. 中村亮八郎、新飼料学、下巻、チクサン出版社、1986
15. OJI, I. and D.N. Mowat, Nutritive value of thermoammoniated and steam treated maize stover, *Animal Feed Science and Technology*、4、177-186、1979

16. REXEN, F. and K. V. THOMSON, The effect on digestibility of a new technique for alkali treatment of strow, *Animal Feed Science and Technology*, 1, 73-83, 1976
17. 志水一允、木質資源の酵素糖化による総合利用、*化学工学*、47(5)、1983
18. 地域産業技術振興協会、沖縄県におけるバイオマス資源活用による産業振興調査報告書、1986
19. WAIS, A. C. et al, Improving digestibility of strows for ruminant feed by aqueous ammonia, *Jpn, Anim, Sci*, 35, 109-112, 1972
20. 屋宜一夫 他4名、バガスキューブを粗飼料源とした和牛(去勢)の若齢肥育試験、*沖畜試研報*、16、1-6、1977
21. 山内 修・大城喜光、バガスキューブを粗飼料源とした乳牛の飼養試験、*沖縄畜産*、11、16-24、1976

表-1 酵素分析による各種処理バガスの有機物消化率(E-DOM)及び繊維含量

| | 有機物含量 | | OM | | OCW | | OCW | | Digested OM by enzymes (E-DOM) | NDF | ADF | セルロース | ヘミ セルロース | ADF リグニン |
|------------------------|--------|-----|------|------|------|------|----------|------|--------------------------------------|------|------|-------|-------------|-------------|
| | OM (%) | (% | OCC | OCW | O a | O b | O a | O b | | | | | | |
| | | | D M | |) | | (% OCW) | | | | | | | |
| 未処理バガス | 97.9 | | 2.0 | 95.9 | 11.3 | 84.6 | 11.8 | 88.2 | 13.3 | 90.6 | 53.2 | 42.8 | 37.4 | 10.4 |
| 1 % NH ₄ 添加 | 98.5 | | 3.5 | 95.0 | 12.3 | 82.7 | 12.9 | 87.1 | 15.8 | 93.2 | 54.8 | 44.9 | 38.4 | 9.9 |
| 2 % NH ₄ 添加 | 98.4 | | 3.9 | 94.5 | 17.0 | 77.5 | 18.0 | 82.0 | 20.9 | 92.0 | 56.1 | 47.1 | 35.9 | 9.0 |
| 4 % NH ₄ 添加 | 98.2 | | 5.2 | 93.0 | 19.1 | 73.9 | 20.5 | 79.5 | 24.3 | 90.3 | 56.3 | 47.6 | 34.0 | 8.7 |
| 6 % NH ₄ 添加 | 98.2 | | 6.3 | 91.9 | 21.4 | 70.5 | 23.3 | 76.7 | 27.7 | 88.0 | 57.5 | 50.8 | 30.5 | 6.7 |
| 0.5% NaOH(aq) | 97.9 | | 1.4 | 96.5 | 24.6 | 71.9 | 25.5 | 74.5 | 26.0 | 93.8 | 62.1 | 53.9 | 31.7 | 8.2 |
| 1 % NaOH(aq) | 97.9 | | 1.8 | 86.1 | 35.4 | 60.7 | 36.8 | 63.2 | 37.2 | 92.4 | 64.5 | 57.3 | 27.9 | 7.2 |
| 2 % NaOH(aq) | 97.4 | | 2.4 | 95.0 | 47.0 | 48.0 | 49.5 | 50.5 | 49.4 | 90.7 | 68.2 | 62.8 | 22.5 | 5.4 |
| 4 % NaOH(aq) | 97.9 | | 1.6 | 96.3 | 44.4 | 51.9 | 46.1 | 53.9 | 46.1 | 92.3 | 70.3 | 65.9 | 22.0 | 4.4 |
| 4 % 尿素添加 | 98.3 | | 3.7 | 94.6 | 10.8 | 83.8 | 11.4 | 88.6 | 14.5 | 91.4 | 58.6 | 48.4 | 32.8 | 10.2 |
| 6 % 尿素添加 | 98.1 | | 4.3 | 93.8 | 12.9 | 80.9 | 13.8 | 86.2 | 17.2 | 89.3 | 56.5 | 46.6 | 32.8 | 9.9 |
| 8 % 尿素添加 | 98.4 | | 7.4 | 91.0 | 11.0 | 80.0 | 12.1 | 87.9 | 18.4 | 87.0 | 56.0 | 46.8 | 31.0 | 9.2 |
| 10 % 尿素添加 | 98.4 | | 5.3 | 93.1 | 11.2 | 81.9 | 12.0 | 88.0 | 16.5 | 88.9 | 58.3 | 49.3 | 30.6 | 9.0 |
| 蒸煮(20atm,213℃) | 97.9 | | 19.7 | 78.2 | 15.4 | 62.8 | 19.7 | 80.3 | 35.1 | 69.8 | 54.9 | 45.7 | 14.9 | 9.2 |
| イタリアン1) | 90.3 | | 17.2 | 73.1 | 13.1 | 60.0 | 17.9 | 82.1 | 30.3 | 67.0 | 38.6 | 36.7 | 28.4 | 1.9 |
| ガットン 2) | 93.3 | | 12.2 | 81.1 | 11.3 | 69.8 | 13.9 | 86.1 | 23.5 | 77.9 | 46.7 | 41.2 | 31.2 | 5.5 |
| ナツユタカ3) | 92.3 | | 18.4 | 73.9 | 13.0 | 60.9 | 17.6 | 82.4 | 31.5 | 70.9 | 40.2 | 38.3 | 30.7 | 1.9 |

注) 1)本土産 出穂後期 2) 県内産 出穂期 3) 県内産 出穂前(TDN=56.6)