

アルファルファの加熱乾燥が人工第一胃内培養における 蛋白質分解と微生物増殖に及ぼす影響

藤田 裕・梁 云穆*・武藤直裕・高橋潤一・松岡 栄

帯広畜産大学，畜産管理学科，帯広市 080

*岩手大学大学院連合農学研究科，盛岡市 020

(1995. 1. 12 受理)

キーワード：アルファルファ，加熱処理，蛋白質分解，非分解性蛋白質

要 約

アルファルファ 1 番草を天日乾燥ならびに 60℃，90℃，120℃の 3 段階の加熱温度で乾燥し，第一胃液による人工培養時の蛋白質・繊維成分の分解性と微生物蛋白質量の変化を調べ，加熱乾燥処理の影響を検討した。

固形物中空素の消失率を指標として測定した蛋白質の分解性は，加熱処理温度の上昇にともない段階的に低下し，これとともに微生物蛋白質量も低下する傾向が認められた。加熱処理による蛋白質分解性の低下程度は 120℃-170 分処理が最も大きく，この場合，ADIN の増加量はわずかであった。アルファルファは 120℃-170 分の加熱乾燥条件により熱変成にともなう非利用性窒素量の増加なしに蛋白質の分解性を低下させ得ることが示された。

結 言

アルファルファは，繊維源飼料であるとともに蛋白質供給源としての意義が大きい。しかし，アルファルファ蛋白質は第一胃内における分解性が比較的高い (MERCHEN and SATTER; 1983, NRC; 1988) ことが蛋白質の利用性を制限する要因となる。

一般に，アルファルファは人工乾草の形での利用

量が多い。この場合，乾燥工程に付随する加熱処理は蛋白質の分解性を低下させるのに効果的であるが，加熱処理の条件によって分解性の変動が大きいことが予期される。

本報では，牧草蛋白質の第一胃内分解性に関する要因についての研究の一環として，アルファルファの加熱処理条件が蛋白質の第一胃内分解性と微生物増殖に及ぼす影響を検討した。

材 料 と 方 法

1. 供試牧草と加熱乾燥処理

帯広畜産大学附属農場産のアルファルファ 1 番草 (6 月中旬着蓄期刈取り) を供試した。刈取った原料草 (約 12 kg) は全体を 4 等分し，そのうち 3 区分を設定温度の異なる 3 基の送風乾燥機内に配置した。設定温度は① 60℃，② 90℃，③ 120℃の 3 段階とし，原料草は細切せず刈取り後直ちに加熱乾燥を始め，それぞれ水分含量がおよそ 12% となる時点で乾燥を終了した。加熱処理時間は，① 4 時間 40 分，② 3 時間 30 分，③ 2 時間 50 分であった。残りの 1 区分は晴天下で約 3 日間屋外乾燥し，天日乾燥区とした。

2. *in vitro* 培養および測定項目

第一胃培養は，*in vitro* 法を用いた。培養に用い

Effect of heat treatment of alfalfa on ruminal protein degradability and microrbial growth *in vitro*: Hiroshi FUJITA, Un-Mok YANG* Naohiro MUTOH, Junichi TAKAHASHI and Sakae MATSUOKA (Department of Animal Production, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro-shi 080, *The United Graduate School of Agricultural Sciences, Iwate University, Morioka-shi 020)

Key words: alfalfa, heating, protein degradation, undegraded protein.

る第一胃液は、維持量のイネ科乾草を給与しているサフォーク種去勢メン羊3頭から朝の給飼前に第一胃フィスチュラを通して採取した。採取した第一胃液は、McDOUGALL (1948)の人工唾液との等量混合液を調製し、その200 mlを300 ml容の三口フラスコにとり、約5 mmに細切した牧草試料を乾物相当量で5 g加えて恒温水槽中でCO₂を通気しながら39℃、12時間培養した。培養終了後、培養物は遠心分離(18,000×g, 30分間)し、上澄液について窒素量、アンモニア量およびVFA量を測定した。沈澱区分(固形物)は洗浄後、凍結乾燥して乾物量、NDF量および全窒素量および微生物態窒素量を測定した。これらの測定値に基づき、培養前後の固形物中の各成分(試料および培養液に混合した第一胃液中成分を含む)量の差を求め、固形物消失率、NDF消失率および固形物中窒素の消失率を算定した。ここで固形物消失率とは、非水溶性固形物の培養後における減少率を意味し、NDF消失率は、同じく培養後における繊維成分の減少率を表す。また、固形物中窒素の消失率は、培養前後における微生物態窒素を除く固形物中窒素の差から算定し、蛋白質分解の指標として用いた。

3. 分析方法

牧草試料の一般化学組成の分析は常法により行った。培養物についてのVFA組成は、ガスクロマトグラフィ(TAKAHASHI et al.; 1989)、アンモニア態窒素量は微量拡散法(大山; 1971)によった。微生物態窒素量は、遠心分離・凍結乾燥後の固形物について、プリン塩基を指標とするZINN and OWENS (1986)の方法により測定した。

結果と考察

供試したアルファルファの化学組成は表1に示した。

粗蛋白質は天日乾燥区がやや低くなったが、他の3区間には大きな違いはなく、また、純蛋白質は120℃区のおづかな低下を除いて区間差はほとんど認められなかった。家畜による非利用性窒素量の指標となるADIN(酸性ディタージェント不溶性窒素)は加熱乾燥により増加したが、ごくわずかな増加に過ぎなかった。120℃程度までの加熱処理では非利用性窒素の著しい増加はないとみるべきであろう。ADF、NDFの繊維性区分は天日乾草でやや多くなった。こ

表1. 供試アルファルファの化学組成

	天日乾燥	加熱乾燥		
		60℃	90℃	120℃
DM (%)	87.1	87.8	88.3	88.4
	----- DMあたり% -----			
粗蛋白質	18.6	21.3	20.7	20.2
純蛋白質	16.3	16.3	16.3	15.6
ADIN*	0.40	0.42	0.44	0.45
ADF	39.5	30.0	31.9	31.9
NDF	43.5	38.1	39.5	42.1

*酸性ディタージェント不溶性N。

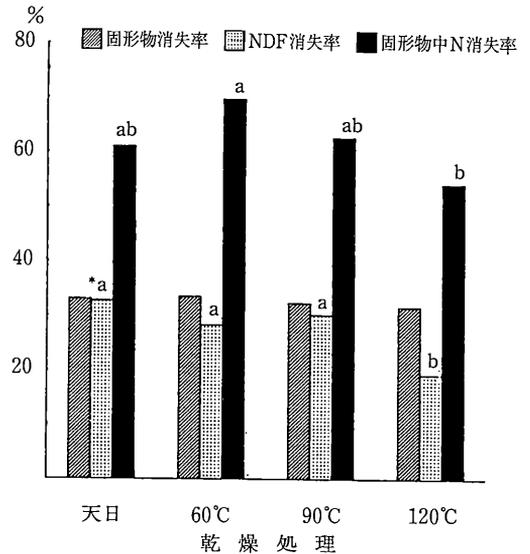


図1. 固形物消失率、NDF消失率および固形物中N消失率

*各測定項目別に異なる小文字をもつもの間に有意差(P<0.05)あり。

の繊維成分含量の増加と上記の粗蛋白質含量の低下を考え併せると、天日乾燥区は乾燥過程で若干の葉部脱落があったと考えられる。

in vitro 培養後の固形物消失率、NDF消失率および固形物中窒素の消失率を図1に示した。

固形物消失率は、加熱温度の上昇により若干の低下がみられたが、全体として変化量はごくわずかであった。NDF消失率は天日乾燥区が最も高く、120℃区が最も低くなった。120℃区の低下は他の3区に対して有意(P<0.05)であった。一方、固形物中窒

素の消失率は、加熱乾燥処理の3区では加熱温度の上昇にともなって段階的に低下し、60℃区と120℃区間の差が有意 ($P < 0.05$) であった。天日乾燥区は、低温度 (18~21℃) での乾燥であり、蛋白質分解性は加熱乾燥区にくらべて高くなることが予想されたが、60℃区より固形物中窒素の消失率は低く、90℃区とほぼ同じ消失率を示した。前記のように、天日乾燥区では乾燥過程で葉部脱落があったため易分解性蛋白質区分が減少し、このことが蛋白質分解性の相対的な低下をもたらしたと推定される。

培養後の各形態別窒素量の分布は図2の通りである。

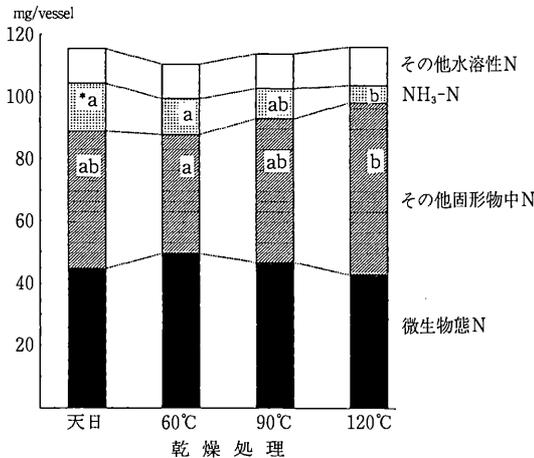


図2. 培養後の窒素分布

*各測定項目別に異なる小文字をもつもの間に有意差 ($P < 0.05$) あり。

微生物態窒素量は、加熱を行った3処理では、処理間差は有意ではないが、60℃区が最も多く、90℃、120℃区の順で低下する傾向があった。天日乾燥区は90℃区とほぼ同じレベルとなった。

微生物態窒素以外の固形物中窒素は、培養により分解もしくは可溶化しなかった窒素区分を包括するものであるが、加熱乾燥の3処理の中では60℃区が最も少なく、90℃区、120℃区の順で増加した。この区分は、60℃区と120℃区間の差が有意 ($P < 0.05$) となった。天日乾燥区は90℃区と同レベルであった。

水溶性窒素区分のうち、アンモニア態窒素は、加熱処理3区の間では加熱温度の上昇にともなって段階的に減少し、60℃区と120℃区間に有意差が認め

られた。天日乾燥区のアンモニア態窒素は、4処理の中で最も多く、120℃区との差が有意であった。アンモニア態窒素以外の水溶性窒素量は処理間に差は認められなかった。アンモニア態窒素量と微生物態窒素量の推移からみて、天日乾燥区は、微生物による窒素の取り込みが相対的に低かったことが推定される。

これら窒素分布の結果は、加熱乾燥処理によってアンモニア態窒素量と微生物蛋白質合成量がともに減少することを示している。このことと蛋白質分解性が低下した結果 (図1) を併せて考えれば、加熱処理はいわゆるバイパス性を高めるのに効果があることを示唆している。本試験の結果では、この効果が明白に生ずる加熱温度は120℃もしくはそれ以上と考えられる。

YANG et al. (1993) は、加熱によるアルファルファ蛋白質の分解性低下について検討し、乾熱処理時における有効態の非分解性蛋白質 (第一胃内非分解性窒素全体から、第一胃以下の下部消化管でも消化できない窒素区分としてADINを差し引いた数値) は、150℃-120分または160℃-60分の加熱条件の時に最大 (非分解率: 55~60%) になることを示した。また、この条件を超えた過度の熱処理は、ADINの増加により有効態の非分解性蛋白質量を低下させることを指摘した。本試験では120℃-170分以上の加熱条件の検討は行っていないが、この条件内ではADINの増加は常温の天日乾燥処理にくらべて極めてわずかであった。この結果と上記YANG et al.の結果に基づくと非利用性窒素を増加させずに非分解率を高める温度条件は120~150℃の範囲にあると推定できる。

培養後のVFA濃度を図3に示した。

VFA総濃度は90℃区が最も高くなった。しかし、乾燥条件の違いに対応する一定の変化は認められなかった。また、各VFAの濃度比は、天日乾燥区が他の加熱乾燥3区にくらべて酢酸比が高く、プロピオン酸比が低くなる傾向があった。加熱処理により培養後のNDF消失率が低下したため (図1)、加熱乾燥区はVFA濃度の低下が予想されたが、いずれの処理間にも有意な差はなく、また蛋白質の分解性と対応関係も認められなかった。

以上の結果から、アルファルファは120℃-170分の加熱乾燥条件で、非利用性窒素区分となるADINの著しい増加なしに蛋白質の第一胃内分解性を低下

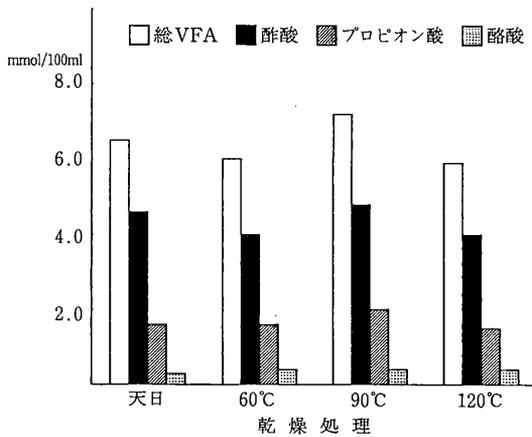


図3. 培養後のVFA濃度

させうることが認められた。本試験では検討できなかったが、牧草の加熱乾燥条件が蛋白質分解性・利用性に及ぼす影響については、牧草の生育段階あるいは水分含量の相互作用が想定されるので今後の課題となろう。

文 献

McDOUGALL, E. I. (1948) Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of

sheep's saliva. *Biochemical J.*, **43**: 99-109.

MERCHEN N. R. and L. D. SATTER (1983) Changes in nitrogenous compounds and sites of digestion of alfalfa harvested at different moisture contents. *J. Dairy Sci.*, **66**: 789-801.

National Research Council (1988) Nutrient requirements of dairy cattle. 6th rev. ed. 113. National Academy Press, Washington, DC.

大山嘉信 (1971), 動物栄養試験法 (窒素化合物の項執筆, 森本 宏監修), 第1版, 320-322. 養賢堂, 東京.

TAKAHASHI, J., N. JOHCHI and H. FUJITA (1989) Inhibitory effects of sulphur compounds, copper and tungsten on nitrate reduction by mixed rumen micro-organisms. *British J. Nutrition.* **61**: 741-748.

YANG, J. H., G. A. BRODERICK and R. G. KOEGEL (1993) Effect of heat treating Alfalfa hay on chemical composition and ruminal in vitro protein degradation. *J. Dairy Sci.*, **76**: 154-164.

ZINN, R. A. and F. N. OWENS (1986) A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. *Can. J. Anim. Sci.*, **66**: 157-166.