

# 乾燥温度の違いが屑ながいものルーメン内消化に及ぼす影響

遠藤実央子・佐藤義人

(青森県産業技術センター畜産研究所)

Effect of Drying Temperature on Ruminant Digestibility of Chinese Yam

Mioko ENDO and Yoshihito SATOU

(Livestock Research Institute, Aomori Prefectural Industrial Technology Research Center)

## 1 はじめに

ながいものは炭水化物が乾物中80%以上<sup>3)</sup>を占める高エネルギー作物で、収穫から出荷までの過程で廃棄される屑ながいものは配合飼料への代替利用が期待される。

しかし、生のながいものは高水分であり、保存性や流通性の観点から飼料利用される場面は限定されてきた。

そこで、当センター八戸地域研究所及び弘前地域研究所との共同で、省エネルギーと注目されるヒートポンプ方式の乾燥機の開発を目指すこととした。当畜産研究所は、乾燥機の開発に資するため、乾燥温度の違いによる成分変化と、反芻家畜における消化性への影響を調査したので報告する。

## 2 試験方法

### (1) 試料の調製

屑ながいものは青森県内農協の集荷場から収集した。

これを皮付きのまま2cm角に切断し、70、85及び100℃で、それぞれ乾物率が90%を越えるまで2~3日程度、電熱式通風乾燥機で乾燥させた。乾燥後は、ウィレー粉砕器で粉砕し、試験試料とした。

### (2) 理化学性質の調査

試料の褐変度を比較するため、水溶性成分を抽出し分光光度計にて吸光度を測定した。

すなわち、試料を卓上ミルで粉砕し、JIS5種Cろ紙を用いて粉砕試料200mgを重量比25倍の蒸留水でろ過し、水溶性成分を抽出した。得られた抽出液は10倍希釈し、分光光度計で400nmにおける吸光度を測定した。このとき対照試料として市販の粉末状凍結乾燥ながいものを用い、同様の操作を行った。

### (3) *in situ* 消化試験

消化試験は、Nocek<sup>4)</sup>の総説を参考に、試料のルーメン内消失率を調査した。

試験牛は、乾草主体の飼料で飼養したホルスタイン種乾乳牛3頭を用いた。

試料はポリエチレンバッグに封入し、ルーメンフィステルを介してルーメン内に8、24及び48時間浸漬した後、水洗して、60℃で48時間通風乾燥し、秤量して乾物消失率を求めた。なお、試料をルーメン内に浸漬せず水洗のみを行って流出する乾物の割合を求め、浸漬0時間の消失率とした。

乾物消失率はØrskov and McDonald<sup>5)</sup>の非線形回帰式  $Y_t = a + b(1 - e^{-ct})$  に当てはめて、a、b、cのパラメータに要約して表すこととした。tは浸漬時間、Y<sub>t</sub>はt時間浸漬したときの消失率、aは溶解性画分、bは分解性画分、cは消失速度を表す。

各パラメータの推定は、Microsoft Excel 2003のソルバー機能を使用し、準ニュートン法で行った。

### (4) 生化学成分の定量

総デンプン及び損傷デンプンの定量はTotal Starch及びStarch Damageアッセイキット(メガザイム社)を使用し、酵素分解法によった。

## 3 試験結果及び考察

得られた試験試料の乾物率を表1に示した。

乾燥後の試料は、褐色への色調変化を呈し(図1)、特有の芳香が観察された。

加熱による褐変の代表的な反応として、還元糖とアミノ酸とが反応して色素を生成するアミノカルボニル反応が知られている。この反応生成物は、反応が進行するにしたがい、紫外波長領域から可視光線領域にかけて吸収が増大する。そこで、各試料の水溶性成分を抽出して400nmにおける吸光度を測定したところ、乾燥温度の上昇に伴い吸光度の増大がみられた(表1)。

試料の乾物中総デンプン率を測定したところ、85及び100℃乾燥物は乾物中の40%以下となっていた。一方で乾物中損傷デンプン率は、70℃乾燥物の2倍以上に増加していた(表1)。

次に、試料を*in situ*消化試験に供した。このときの乾物消失率を図2に、非線形回帰式に当てはめた各パラメータを表2に示した。

ルーメン浸漬8時間後は、70℃で50.8%、85℃で45.7%、100℃で45.5%、浸漬24時間後は70℃で86.6%、85℃で71.7%、100℃で65.4%となり、浸漬48時間後にはすべてのバッグ内から約90%の試料が消失した。

パラメータに要約すると、85℃と100℃の各パラメータは類似の値をとり、70℃とは異なる傾向の消失パターンを示した。消失上限値を表すa+bは70℃で93.4、85及び100℃ではほぼ100となった。消失速度cは70℃で0.10、85及び100℃では0.04及び0.03であった。

*in situ*消化試験において浸漬時間0、8、24時間後にバッグ内に残留した試料の乾物中総デンプン率を測

定した (表 3)。70℃乾燥物の総デンプン率は、浸漬 24 時間後には 0 時間の半分以下となっていたが、100℃乾燥物では、ルーメン浸漬後においても乾物中総デンプン率に占める割合はほとんど変化しなかった。

食品の褐変は、フェノール類の酸化による酵素反応を原因とするものと、アミノカルボニル反応に代表される非酵素的な褐変とに大別される<sup>1)</sup>。

今回の試料の褐変が、酵素的あるいは非酵素的な反応のどちらかは明確でない。

しかし、加熱乾燥後の試料は高温で乾燥されたものほど総デンプン含量が低下し、損傷デンプン含量は増加していた。また、ルーメン内における総デンプン消失率も低下していたため、加熱の結果、屑ながいも成分中のデンプンが変質した可能性は極めて高い。

*in situ* 消化試験において、100℃乾燥物の乾物中に占める総デンプンの割合はほとんど変化がなかった。加えて、乾物消失率の回帰式パラメータ a+b の値は 100 に近く、消失速度 c の値は小さかった。したがって、100℃乾燥物のルーメン内消失は、ルーメン内微生物の分解作用よりむしろ、ルーメン内容物の物理的な接触で試料の粒子が小さくなり、バッグ内から消失した効果が大きいと考えられる。

これらのことは、アミノカルボニル反応の産物が、消化管から分泌される消化酵素による分解や、微生物による分解を受けにくいこと<sup>2)</sup>と矛盾しない。今回のデンプンの変質がアミノカルボニル反応によるものと仮定すると、加熱温度の高い試料はルーメン以降の下部消化管においても消化率は高くはないものと予想される。

一方で、今回の解析のすべての結果において、70℃乾燥物と、85 及び 100℃乾燥物とは、異なる傾向の性質を示していた。70℃乾燥物は、85℃以上の乾燥物と



写真左から  
凍結乾燥、70℃、  
85℃、100℃

図 1 乾燥後のながいも試料

表 1 乾燥後屑ながいも試料の特性

区分	通風乾燥			凍結乾燥
	70℃	85℃	100℃	
乾物率 (%)	93.3	96.6	96.1	—
Abs 400nm	0.056	0.531	0.454	0.002
総デンプン (% DM)	58.7	39.8	38.8	—
損傷デンプン (% DM)	2.9	8.5	7.0	—

表 3 *in situ* 消化試験後の乾物中総デンプン

区分	時間 (hr)	70℃	85℃	100℃
		0	58.3	46.0
総デンプン (% DM)	8	50.8	45.7	45.5
	24	25.9	36.4	44.7

*in situ* 消化試験後にバッグ内に残留した試料の成分を測定した。

比較して、乾燥後の乾物中総デンプン率も高く、浸漬 24 時間後のルーメン内消失率も高かったため、成分中のデンプンの変質の程度が小さいと考えられた。

#### 4 ま と め

屑ながいもを加熱乾燥したところ、褐変、総デンプン量の低下、及び損傷デンプンの増加がみられた。同時に、ルーメン内における乾物消失パターンの変化、乾物消失率及び総デンプン消失率の低下も観察され、乾燥温度の上昇に伴う飼料価値の低下も示唆された。特に、70℃乾燥試料と、85℃以上の乾燥試料とは性質が大きく異なっていた。そのため、配合飼料の代替としての飼料価値を担保するには、乾燥温度 70℃程度とする必要がある。

#### 引 用 文 献

- 1) 本間清一. 2005. メラノイジンに関する食品化学的研究. 日栄・食糧学会誌. 58(2)85-98
- 2) Kostyukovsky, V.; Marounek, M. 1995. Maillard reaction products as a substrate in *in vitro* rumen fermentation. Anim. Feed Sci. Technol. 55: 201-6
- 3) 文部科学省編. 2010. 日本食品標準成分表.
- 4) Nocek, E. J. 1988. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A review. J. Dairy Sci. 71: 2051-69
- 5) Ørskov, E. R.; McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. Camb. 92: 499-503

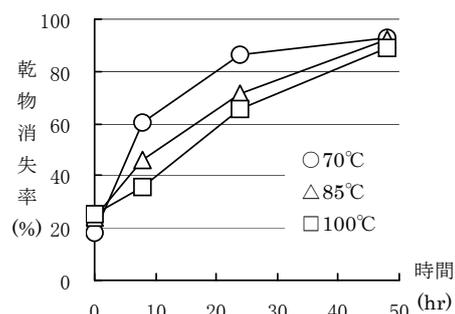


図 2 乾燥後屑ながいもの *in situ* 乾物消失率

表 2 *in situ* 乾物消失率の回帰式パラメータ

区分	パラメータ		
	a	b	c
70℃	18.5	74.9	0.10
85℃	23.8	76.2	0.04
100℃	22.0	78.0	0.03

パラメータ a, b, c は非線形回帰式  $Y_t = a + b(1 - e^{-ct})$  に当てはめたときの定数を示す。