

## 大豆がら、小豆がらの栄養価改善に対する蒸煮処理の有効性

阿部 英則\* 山川 政明

大豆がら、小豆がらの栄養価改善を図るため、蒸煮処理の効果について検討した。大豆がらは  $4 \text{ kg/cm}^2$  の圧力で5分間および  $8 \text{ kg/cm}^2$  の圧力で5, 10, 15分間蒸煮し、小豆がらは  $8 \text{ kg/cm}^2$  の圧力で10分間蒸煮した。いずれの処理についても、めん羊を用い乾物摂取量、乾物消化率を測定した。大豆がらでは、 $4 \text{ kg/cm}^2$  蒸煮処理は無処理と比べて違いはみられなかった。 $8 \text{ kg/cm}^2$  蒸煮処理では、処理時間が長くなると、さやの摂取量が減少し、稈を合わせた全摂取量も減少した。また乾物消化率も低下した。小豆がらでも同様であった。蒸煮による炭化の程度は稈よりもさやで著しく、蒸煮後のさやでは水溶性フェノールが著しく増加しており、その抽出液を添加したところ、乾草や大豆がらの *in vitro* 乾物消化率は低下した。以上の点から、さやでは蒸煮することで水溶性フェノールが生成し、これが消化抑制に関与していることがうかがわれた。

## 緒 言

豆がらは北海道では稲わら、麦稈に次いで多量に産出される。北海道農政部の調査<sup>7)</sup>では平成6年度の産出量は稲わらが約66万t、麦稈が約34万tであるが、豆がらについての記載はない。豆類(子実)は平成7年度では約14万t生産されており<sup>13)</sup>、豆がらの産出量はこれと大きくかけはなれていないと推測される。

これら圃場残渣はその飼料価値が改善できれば、粗飼料資源としての利用拡大が図られる。

稲わら、麦稈はアンモニア処理<sup>9)</sup>、あるいは蒸煮処理<sup>9)</sup>することで、栄養価、飼料価値が改善され、アンモニア処理については麦稈を主として約8千tが調製されている<sup>7)</sup>。

しかし、豆がらに対するアンモニア処理については窒素含量を高める以外の効果は認められていない<sup>9)</sup>。そこで、蒸煮処理をとりあげ、大豆がら、小豆がらの栄養価改善に対する効果を明らかにする。

## 方 法

稲わらを  $8 \text{ kg/cm}^2$  の圧力で5~10分間蒸煮することにより、自由摂取量が改善されている<sup>9)</sup>。そこで、表1に示したような蒸煮の圧と時間を変えた処理を行った。以下、処理の表示は表中の略記号を用いた。材料はいずれも滝川市近辺の圃場から収穫されたものである。

蒸煮処理は材料を15~20 kgのコンパクトベールの形

状とし、大型の蒸煮釜を用いて行った。

表1に示す供試材料につき各4頭のサフォーク種去勢雄めん羊を用いて、消化試験を行った。供試羊の体重は各区に大きな違いがでないように割り当てた。4頭の平均体重は大豆がらの場合は48.3~61.6 kg、小豆がらの場合は76.7, 79.5 kgである。大豆がらは収穫年次が3年にわたるが、それぞれ当該年の無処理大豆がらと比較した。

大豆がら、小豆がらの給与量は乾物重で体重当り3%と設定した。この場合、めん羊はさやをほぼ100%採食するが、稈のそれは40~50%であり、稈の採食量は自由摂取量とみなすことができる。いずれの場合も原物重で体重当り0.4%の大豆粕を併給した。大豆粕は消化率既知のものを用い、豆がらと大豆粕を合わせた消化率から、豆がらだけの消化率を算出した。

6日間の予備期ののち、本期6日間の全糞を採取し、

表1 大豆がら、小豆がらに対する蒸煮処理の条件と消化試験の配置

| 処 理                         | 略記号                               | 産 出 年 |     |     |
|-----------------------------|-----------------------------------|-------|-----|-----|
|                             |                                   | '88   | '90 | '91 |
| 大豆がら                        |                                   |       |     |     |
| 無処理                         | 無し                                | ○     | ○   | ○   |
| $4 \text{ kg/cm}^2$ で5分間蒸煮  | $4 \text{ kg} \cdot 5 \text{ 分}$  |       |     | ○   |
| $8 \text{ kg/cm}^2$ で5分間蒸煮  | $8 \text{ kg} \cdot 5 \text{ 分}$  |       | ○   |     |
| $8 \text{ kg/cm}^2$ で10分間蒸煮 | $8 \text{ kg} \cdot 10 \text{ 分}$ |       | ○   |     |
| $8 \text{ kg/cm}^2$ で15分間蒸煮 | $8 \text{ kg} \cdot 15 \text{ 分}$ | ○     |     |     |
| 小豆がら                        |                                   |       |     |     |
| 無処理                         | 無し                                | ○     |     |     |
| $8 \text{ kg/cm}^2$ で10分間蒸煮 | $8 \text{ kg} \cdot 10 \text{ 分}$ | ○     |     |     |

○：消化試験

1997年1月8日受理

\* 北海道立滝川畜産試験場, 073 滝川市東滝川

自由摂取乾物量 (DMI), 乾物消化率 (DMD) を求めた。処理間の有意差検定は分散分析で行った。

飼料の繊維成分の分析は Van Soest の変法<sup>1)</sup> に準じて行った。中性デタージェント繊維 (NDF) と酸性デタージェント繊維 (ADF) の差をヘミセルロースとし, ADF と酸性デタージェントリグニン (ADL) の差をセルロースとした。

蒸煮処理ではリグニンの変質により, フェノール性化合物が生成するとされている<sup>2)</sup>。このフェノール性化合物の消化率への影響を調べるため, 水溶性フェノール含量およびみかけの *in vitro* 乾物消化率 (IVDMD), みかけのセルラーゼによる乾物分解率 (CeDMD) を測定した。

さらに, 蒸煮材料から水溶性フェノールを抽出し, 乾草, 大豆がらを基質とした場合の *in vitro* 分解に対する抽出液添加の影響を調べた。抽出液は水溶性フェノール測定の際の抽出液を用い, 培養液 50 ml に対し 4 ml を添加した。

水溶性フェノールは試料 3 g に水 30 ml を加えて 3 時間振盪抽出し, ろ液を Folin-Denis 法<sup>3)</sup> で測定した。IVDMD は Tilley and Terry の変法<sup>2)</sup> で測定した。CeDMD は試料 0.5 g にセルラーゼ(オノズカ FA)0.5%

を含む酢酸緩衝液 40 ml を加え, 40°C で 24 時間振盪後の乾物減少率を求めた。

## 結果および考察

表 2 に蒸煮処理した大豆がらの繊維成分含量を示した。

蒸煮により NDF 含量とヘミセルロース含量は低下したが, 8 kg・15 分を除いて ADF 含量に大きな違いはみられないことから, NDF 含量の低下はヘミセルロース含量の低下によるものと考えられる。8 kg/cm<sup>2</sup> で蒸煮した場合, 処理時間が長くなるにつれてヘミセルロース含量は低下する一方で, ADL 含量は上昇し, 蒸煮の影響が大きくなることがうかがわれた。上記の傾向は大豆がらをアンモニア処理した場合<sup>4)</sup> や稲わらに対する蒸煮処理<sup>10)</sup> でも認められている。

蒸煮処理した大豆がら, 小豆がらの DMI, DMD を表 3 に示した。DMI についてはさやと稈に分けて示した。

いずれの大豆がらでも, さやは無処理では 100% 採食された。これに対し 8 kg/cm<sup>2</sup> 蒸煮では処理時間が長くなるにつれてさやの採食率は低下し, 稈についても向上は認められず, 大豆がらの DMI は 15 分間蒸煮では有意に減少した。DMD は蒸煮による向上は認められず, 15 分

表 2 蒸煮処理した大豆がらの繊維成分含量 (乾物%)

| 処 理      | NDF  | ADF  | セルロース | ヘミセルロース | ADL  |
|----------|------|------|-------|---------|------|
| '91年産 無し | 77.8 | 61.9 | 47.3  | 15.9    | 14.6 |
| 4 kg・5 分 | 73.5 | 58.6 | 43.8  | 14.9    | 14.8 |
| '90年産 無し | 75.2 | 59.6 | 45.7  | 15.6    | 13.9 |
| 8 kg・5 分 | 72.6 | 58.3 | 42.5  | 14.3    | 15.8 |
| ・10分     | 70.3 | 59.7 | 43.2  | 10.6    | 16.5 |
| '88年産 無し | 74.0 | 58.0 | 43.4  | 16.0    | 14.6 |
| 8 kg・15分 | 71.2 | 62.2 | 44.4  | 9.0     | 17.8 |

表 3 蒸煮処理した大豆がら, 小豆がらの DMI, DMD

| 大豆がら | 処 理      | DMI(g/kg体重)             |          |                   | DMD(%)            |
|------|----------|-------------------------|----------|-------------------|-------------------|
|      |          | さや                      | 稈        | 全体                |                   |
| 大豆がら | '91年産 無し | 10.9 (100)              | 8.4(47)  | 19.3              | 52.3              |
|      | 4 kg・5 分 | 11.1 (100)              | 7.9(44)  | 19.0              | 51.0              |
|      | '90年産 無し | 12.0 (100)              | 8.2(52)  | 20.2              | 57.1              |
|      | 8 kg・5 分 | 12.8 (100)              | 9.5(57)  | 22.3              | 52.6              |
|      | ・10分     | 11.1 ( 87)              | 8.7(51)  | 19.8              | 53.6              |
|      | '88年産 無し | 14.1 <sup>a</sup> (100) | 6.1(37)  | 20.2 <sup>a</sup> | 54.2 <sup>a</sup> |
| 小豆がら | 8 kg・15分 | 8.0 <sup>b</sup> ( 71)  | 4.0(29)  | 12.0 <sup>b</sup> | 38.3 <sup>b</sup> |
|      | '88年産 無し | 8.3 <sup>a</sup> ( 92)  | 10.6(52) | 18.9              | 49.8 <sup>a</sup> |
|      | 8 kg・10分 | 7.0 <sup>b</sup> ( 72)  | 10.0(45) | 17.0              | 45.1 <sup>b</sup> |

DMI: 乾物摂取量 DMD: 乾物消化率 ( ): 採食率 (%)

<sup>a,b</sup> 間に  $p < 0.05$  で有意差あり

間蒸煮では顕著に低下した。蒸煮による炭化の程度を肉眼観察したところ、稈よりもさやで炭化が進んでおり、とりわけ 8 kg・15 分で顕著であった。これらの点からより緩やかな 4 kg・5 分で検討したところ、さやの採食率は低下しなかったものの、大豆がらの DMI, DMD とともに改善はみられなかった。

小豆がらについても 8 kg・10 分ではさやの DMI が減少し、また DMD は低下した。

以上のように、豆がらを 8 kg/cm<sup>2</sup> で蒸煮しても DMI, DMD は何ら改善されず、むしろ減少、低下した。

表 4 に大豆がらの 8 kg・15 分における DMD, IVDMD および CeDMD を、また表 5 にはさやと稈の繊維成分、水溶性フェノール含量を示した。

蒸煮により CeDMD はさや、稈とも高まっているのに対し、DMD, IVDMD は低下しており、このことは蒸煮により何らかの消化を抑制する物質が生成したことをうかがわせる。

蒸煮することで、さやの ADL 含量は稈と異なって顕著に高まっており、リグニンが何らかの変化を受けていることが考えられる。水溶性フェノール含量は ADL 含量と同様に、蒸煮後のさやで顕著に高く、リグニン変質との関連がうかがわれた。

さやから水溶性フェノールを抽出し、その抽出液を添加した場合の IVDMD を表 6 に示した。

それによると、蒸煮さや抽出液を添加することで、ルーメンジュースに由来する発泡は消失し、無処理さや抽出液を添加した場合と比べて IVDMD は大きく低下した。

Jung and Fahey<sup>10)</sup> はアルファルファのフェノール化合物を除去することで、セルロースの消化率が高まることを認めている。また Chesson ら<sup>4)</sup> はフェノール酸を添加することでルーメン微生物の生育が抑制されることを報告している。

表 4 蒸煮処理した大豆がらの DMD, IVDMD および CeDMD (%)

|          | DMD  | IVDMD | CeDMD |      |      |
|----------|------|-------|-------|------|------|
|          |      |       | さや    | 稈    | 全体   |
| 無し       | 54.2 | 24.0  | 48.7  | 22.5 | 33.0 |
| 8 kg・15分 | 38.3 | 18.0  | 53.2  | 31.8 | 38.6 |

IVDMD：みかけの *in vitro* 乾物消化率

CeDMD：みかけのセルラーゼによる乾物分解率

表 5 蒸煮処理した大豆がらのさやと稈の繊維成分、水溶性フェノール含量 (乾物%)

|    | 処 理      | セルロース | ヘミセルロース | ADL  | 水溶性フェノール |
|----|----------|-------|---------|------|----------|
| さや | 無し       | 35.6  | 16.5    | 9.6  | 0.6      |
|    | 8 kg・15分 | 37.9  | 8.4     | 14.7 | 2.2      |
| 稈  | 無し       | 50.0  | 16.3    | 18.1 | 0.3      |
|    | 8 kg・15分 | 47.5  | 10.5    | 19.5 | 0.8      |

表 6 さや抽出液添加時における乾草と大豆がらの IVDMD (%)

| 抽出試料 <sup>1)</sup> | 乾 草  | 大豆がら |
|--------------------|------|------|
| 無処理さや              | 40.4 | 39.7 |
| 8 kg・15分蒸煮さや       | 28.2 | 33.9 |

注<sup>1)</sup> 無処理および 8 kg/cm<sup>2</sup> で 15 分間蒸煮処理した大豆がらから分離したさや

これらのことから、さやでは蒸煮することで水溶性フェノールが生成し、これが消化抑制に関与しているものと考えられた。

蒸煮により、稈の CeDMD は向上 (表 4) しているが、摂取量の大きな増加は認められていない。さやでは蒸煮によりその摂取量が減少しているが、生成する水溶性フェノールによって、さやだけでなく、稈の摂取量、消化率も減少、低下している可能性は否定できない。

川村<sup>13)</sup> の総説によれば、リグニンはフェルラ酸などのフェノール酸を介して構造化炭水化物とエステル結合やエーテル結合で架橋を形成しており、またイネ科とマメ科ではリグニンの構造が異なるとされている<sup>12)</sup>。

Kondo ら<sup>14)</sup> は小麦稈をアンモニア処理することで、構造化炭水化物とフェノール酸間のエステル結合が解離し、これが処理の効果に結びつくことを報告している。

他方、豆がらではアンモニア処理の効果が認められず<sup>3)</sup>、また、稈を主とする大豆がらではアルカリで遊離するフェルラ酸が極めて少ない<sup>11)</sup> ことは易アルカリ分解性のエステル結合がないか、乏しいとも考えられる。

前述したように、蒸煮により稈の CeDMD が向上していることは、架橋構造に関わるエーテル結合が解離していることが示唆される。

謝 辞 豆がらの蒸煮処理にご協力いただいた北海道立林産試験場の遠藤展氏、梅原勝雄氏に謝意を表します。

## 引用文献

- 1) 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評価法への応用”. 畜産試験場研究資料. 2, 16-29 (1988).
- 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評価法への応用”. 畜産試験場研究資料. 2, 40-43 (1988).
- 3) 阿部英則, 山川政明, 岡本全弘. “豆がらの栄養価改善に対するアンモニア処理の有効性”. 滝川畜試研報. 27, 19-24 (1992).
- 4) Chesson, A.; Steart, C.; Wallace, R. J., “Influence of phenolic acids on growth and cellulolytic activity of rumen bacteria”. Appl. Environ. Microbiol., 597-603 (1982).

- 5) Folin, O.; Denis, W., "A colorimetric method for the determination of phenols (and phenol derivatives) in urine". *J. Biol. Chem.*, 22, 305-308 (1915).
- 6) Hart, M. R.; Walker, Jr, H. G.; Graham, R. P.; Hanni, P. J.; Brown, A. H.; Kohler, G. O.; "Steam treatment of crop residues for increased ruminant digestibility. I. Effect of process parameters". *J. Anim. Sci.*, 55, 402-408 (1981).
- 7) 北海道農政部酪農畜産課. 平成6年自給飼料生産利用状況調査結果(概要). 1995.
- 8) 北海道立滝川畜産試験場. "アンモニア処理による麦稈および稲わらの利用技術". 昭和63年度北海道農業試験会議成績会議資料. 1990.
- 9) 北海道立滝川畜産試験場. "圃場副産物の高品質化とめん羊における利用技術". 平成3年度北海道農業試験会議成績会議資料. 1992.
- 10) Jung, H. G.; Fahey, Jr, G. C., "Effect of phenolic compound removal on in vitro digestibility". *J. Agric. Food Chem.*, 29, 817-820 (1981).
- 11) Jung, H. G.; Fahey, Jr, G. C.; Garst, J. E., "Simple phenolic monomers of forages and effects of in vitro fermentation on cell wall phenolics". *J. Anim. Sci.*, 57, 1294-1305 (1983).
- 12) Jung, H. G., "Forage lignins and their effects on fiber digestibility". *Agron. J.*, 81, 33-38 (1989).
- 13) 川村 修, "草類のルーメン内消化に影響を及ぼす植物細胞壁の性状について—飼料成分から組織構造へ, さらに分子構造への展開—". *ルーメン研究会報*, 6, 7-18 (1995).
- 14) Kondo, T.; Ohshita, T.; Kyuma, T., "Comparison of characteristics of soluble lignins from untreated and ammonia treated wheat straw". *Anim. Feed Sci. Technol.*, 39, 253-263 (1992).
- 15) 農林水産省北海道統計場報事務所. 北海道農林水産統計年報(平成6年~7年). 1996.
- 16) 岡本全弘, 阿部英則. "稲わらのアンモニア処理, 蒸煮およびこれらの複合処理がめん羊の自由摂取量と消化率に及ぼす影響". *日畜会報*, 60, 1117-1121 (1989).

## Effect of Steam Treatment on Nutritive Value of Soybean Straw and Smallredbean Straw

Hidenori, ABE\* and Masaaki, YAMAKAWA

### Summary

In order to clarify the effect of steam treatment on nutritive value of bean straws, soybean straw was steamed at 4 kg/cm<sup>2</sup> for 5 min (4 kg•5 min), at 8 kg/cm<sup>2</sup> for 5, 10, 15 min (8 kg•5, 10, 15 min) and smallred bean straw was steamed at 8 kg/cm<sup>2</sup> for 10 min. *In vivo* digestion trials of these treated straws using wethers were conducted.

The results obtained as follows.

- 1) 4 kg•5 min treatment did not increase dry matter digestibility (DMD), dry matter intake (DMI), while 8 kg•5 min and 10 min treatment tended to decrease DMD of soy bean straw.
- 2) 8 kg•10 min treatment on smallredbean straw and 8 kg•15 min treatment on soybean straw decreased DMD and DMI, especially pod of these straws.
- 3) 8 kg•15 min treatment yielded higher content of soluble phenolics in pod than in stem, and addition of the extract containing soluble phenolics decreased *in vitro* dry matter digestibilities of soybean straw and grass hay.
- 4) Above results suggested that steam treatment was not effective to improve nutritive value of bean straws, and soluble phenolics possibly derived from lignin of pod with steam treatment inhibited digestion of bean straws.

\* Hokkaido Prefectural Takikawa Animal Husbandry Experiment Station, Takikawa, Hokkaido, 073