

サイレージの品質と飼料価値に関する研究  
(第1報) サイレージの発酵的品質がヒツジの第一胃内発酵に及ぼす影響

内 田 仙 二  
(家畜飼養学研究室)

Received October 31, 1977

Studies on the Quality and Feeding Value of Silage  
I. The Influence of Fermentative Quality of Silage  
on Fermentation in the Rumen of Wethers

Senji UCHIDA  
(Laboratory of Animal Nutrition)

In order to investigate the influence of fermentative quality of silage on fermentation in the rumen of ruminants, a feeding trial was conducted using three silages of different fermentative qualities and three fistulated wethers. The silages in iron experimental silos were prepared from Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* LAM) harvested at the early flowering stage of maturity. The wethers were fed the silages in 3×3 Latin-square for periods of 15 days. On the 15th day, the rumen fluid of the wethers was taken at 1, 2, 4 and 6 hours after feeding and determined for the pH value and concentration of volatile fatty acids.

The results obtained were summarized as follows :

1) The pH value and score by FLIEG's method of the silages used for the feeding trial were 4.41 and 80 (good) in lot A, 4.78 and 58 (satisfactory) in lot B, and 4.81 and 10 (inferior) in lot C.

2) The pH value of the rumen fluid of wethers fed on the lot C silage showed a higher value than that of wethers fed on the lot A or lot B silage. And significant differences of pH values were found between the lot C and other two lots at 1 and 6 hours after feeding.

3) The lot A silage increased the proportion of acetic acid to the total volatile fatty acids in rumen fluid of wethers, and significant differences of the proportions were found between the lot A and other two lots at 1, 2 and 4 hours after feeding.

4) The concentration of *n*-butyric acid in the rumen fluid of wethers at the early periods after feeding reflected the *n*-butyric acid levels in the silage. Namely the proportion of *n*-butyric acid to the total volatile fatty acids in the rumen fluid of wethers fed on the lot C silage showed a higher value than that of the lot B or lot A, and also significant differences of the proportions were found between the lot C and other two lots at 1, 2 and 4 hours after feeding.

These data indicate that the fermentation in the rumen of ruminants fed on silage was considerably influenced by fermentative quality of the silage.

結 言

サイレージの品質と化学成分に関する一連の研究<sup>3,14,15,16,17,18)</sup>のなかで、サイロ内の発酵の良否が、埋蔵草の養分損失を左右すると共に、でき上るサイレージの消化率に関与し、さ

らに家畜の飼料養分の利用性にも影響をおよぼす可能性があることを認めた。本研究は、これらの結果をもとにして、さらにサイレージの発酵的品質が、その飼料価値ならびに家畜の栄養生理などに及ぼす影響を明らかにする目的で実施するものである。

本報では、その一環として、サイレージの発酵的品質が、それを給与された家畜の第一胃内発酵に及ぼす影響を明らかにするために、同一材料を用いて調製した品質の異なるサイレージをヒツジに給与し、第一胃液の pH 値および揮発性脂肪酸 (VFA) の濃度を経時的に調査した結果について報告する。

## 材 料 と 方 法

**供試サイレージの調製** 水田裏作として栽培したイタリアンライグラス (*Lolium Multiflorum* LAM) を出穂初期に刈り取り、日乾法によって水分調節して乾物含量の異なる3区の材料を準備し、それぞれ2.5 cmに細切したのち、添加物なしで鉄製実験サイロ (φ75×120 cm) 3基に、それぞれ埋蔵し常法によって A, B, C の3区サイレージを調製した。

**ヒツジの飼養試験と第一胃液の採取** 第一胃フィスチュラを装着した3頭のヒツジを供用し、各サイレージ単一給与により各15日間の飼養試験を実施した。すなわち、3×3ラテン方格法に基づき、各区サイレージを乾物として1日1頭当り体重の1.2%に調節し、午前9時と午後4時に、それぞれ2分の1ずつ給与する方法で飼養した。水および食塩は自由摂取とした。

飼養試験開始後15日目の午前9時に飼料を給与し、午前10時(1時間後)、午前11時(2時間後)、午後1時(4時間後)、午後3時(6時間後)に、それぞれフィスチュラを通じて第一胃液を採取した。なお、飼料の採食は給与後約30分で完了した。

**サイレージの品質及び成分の調査** 供試サイレージについて、各区各期1回試料を採取し、pH 値を測定すると共に FLIEG 法<sup>5,13)</sup> によって品質鑑定をおこない発酵的品質を調査した。一般成分の分析は常法によって実施し、さらに VFA はガスクロマトグラフ法<sup>4)</sup> により定量した。

**第一胃液の調査** 採取した第一胃液を、ただちに2重ガーゼで濾過し、ガラス電極 pH メーターで pH 値を測定すると共に水蒸気蒸留・滴定法により総 VFA を定量した。いっぽう、濾液を除蛋白<sup>12)</sup> し、これを直接注入する方法によって、ガスクロマトグラフによる VFA の定量を実施した。ガスクロマトグラフは柳本 G-80型を使用し、カラム及び条件は蔭山ら<sup>4)</sup> の方法に準じた。

## 結 果

**サイレージの品質と成分** 飼養試験に供用した各区サイレージの pH 値、VFA 組成を調査し発酵的品質を査定した。pH 値ならびに FLIEG 法による有機酸組成と評点は Table 1 のようである。

すなわち、A 区サイレージは、pH 値4.41で乳酸含量が比較的高く、酪酸含量が比較的低く、評点は80点で良質な製品であり、C 区サイレージは、pH 値4.81で乳酸含量が低く、酪酸含量が高く、評点が10点で劣質なものであった。B 区サイレージは、pH 値4.78で、乳酸および酪酸含量は A, C 両区の間中にあり、評点も58点で中位の値を示している。

これらサイレージの VFA をガスクロマトグラフ法で調査した結果は Table 2 のようである。

**Table 1** Fermentative quality of silages used for feeding trials (by Flieg's appraisal method).

| Lot | pH   | Lactic acid (%) | Acetic acid (%) | Butyric acid (%) | Total acid (%) | Score | Grade        |
|-----|------|-----------------|-----------------|------------------|----------------|-------|--------------|
| A   | 4.41 | 3.37            | 0.51            | 0.38             | 4.26           | 80    | Good         |
| B   | 4.78 | 2.98            | 0.38            | 1.02             | 4.38           | 58    | Satisfactory |
| C   | 4.81 | 0.42            | 0.13            | 1.58             | 2.13           | 10    | Inferior     |

**Table 2** Content of volatile fatty acids in the silages (by gas chromatography).

| Lot | Acetic acid (%) | Propionic acid (%) | <i>iso</i> -Butyric acid (%) | <i>n</i> -Butyric acid (%) | <i>iso</i> -Valeric acid (%) | <i>n</i> -Valeric acid (%) |
|-----|-----------------|--------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| A   | 0.43            | 0.17               | 0.17                         | 0.30                       | —                            | —                          |
| B   | 0.42            | 0.37               | 0.37                         | 0.84                       | Trace                        | Trace                      |
| C   | 0.24            | 0.12               | 0.02                         | 1.07                       | 0.05                         | 0.09                       |

Table 2 のように、酪酸以下の各酸は全区のサイレーズで認められ、そして酢酸は A 区で最も高く、*n*-酪酸は C 区で最も高くなった。いっぽうプロピオン酸と *iso*-酪酸は B 区で最も高い値を示した。吉草酸は A 区においては全く検出されなかったが、B 区ではこん跡、C 区では若干検出された。

供試サイレーズの一般成分分析結果を示すと Table 3 のようである。

**Table 3** Chemical composition of the silages.

| Lot                       | Dry matter (%) | Crude protein (%) | Crude fat (%) | NFE (%) | Crude fiber (%) | Crude ash (%) |
|---------------------------|----------------|-------------------|---------------|---------|-----------------|---------------|
| (On the dry matter basis) |                |                   |               |         |                 |               |
| A                         | 32.17          | 14.24             | 6.06          | 35.06   | 30.25           | 14.37         |
| B                         | 29.27          | 12.77             | 5.33          | 37.17   | 30.84           | 13.86         |
| C                         | 15.07          | 11.61             | 5.44          | 33.31   | 35.24           | 14.47         |

Table 3 より、発酵的品質に対応して区間に若干の差が認められる。しかし、この値は常法によって得た値であるので、これらの量的関係を正確に表わしているとはいえないであろう。

**第一胃液の pH 値および VFA 濃度** 各区のサイレーズを給与したヒツジの第一胃液を、給与後 1, 2, 4, 6 時間目に採取し、pH 値および各 VFA 濃度を調査した。

第一胃液の pH 値の区間及び経時的变化は Fig. 1 に示すようである。

すなわち、経時的变化では、各区とも時間の経過とともに上昇の傾向にある。区間の比較では、A 区が総体的に低く、続いて B 区で、C 区が最も高い。これらの値について分散分析をおこない有意差の調査<sup>2)</sup>をおこなった結果、1 時間ならびに 6 時間目の pH 値において、C 区と A, B 両区の間有意の差が存在した。なお、総 VFA 濃度の変化も調査したが、そ

の値は、経時的には時間の経過とともに低下する傾向にあり、またサイレージ間では A 区で最も高く、続いて B 区、C 区の順であった。

各区サイレージを給与したヒツジの第 1 胃液の各 VFA の濃度の変化を総 VFA のモルパーセントをもって比較検討した。

第 1 胃液の酢酸濃度の変化を示すと Fig. 2 のようである。

Fig. 2 のように、VFA 中の酢酸の濃度は給与後の時間の経過とともに上昇し、かつ区間では、良質の A 区の場合に高く、劣質の C 区の場合に低い値を示しており、B 区のそれは両者のほぼ中間の値を示している。そして、給与後 6 時間の値を除き区間に有意差が認められた。

第一胃液のプロピオン酸濃度の経時変化ならびに区間の差を調査した結果は Fig. 3 のようである。

すなわち、経時的な変動は比較的少ない。区間差についてみると、給与後 4 時間まで B 区が高い値を示し、給与後 1 時間目において B 区ならびに A 区と C 区の間に有意差が認められる。

Fig. 4 には、*iso*-酪酸濃度の経時的ならびに区間の変動を示した。

経時的には、時間の経過とともに、漸次低下する傾向にある。区間の差では、B 区が総体的に高く、A 区、C 区の順となっており、給与 1 時間後において B 区と A、C 両区間に有意差が認められた。

*n*-酪酸濃度の給与後の変動を Fig. 5 に示した。

Fig. 5 にみられるように、経時的には時間の経過とともに、ゆるやかに下降している。変動を区別でみると、劣質製品を給与した C 区の場合、全期間を通じて他の 2 区に比べて高い濃度で推移し、良質製品を給与した A 区の場合最も低い値で推移した。しかし、給与後 4 時間までの値において、C 区と A、B 両区間に有意差が認められた。

Fig. 6 ならびに Fig. 7 では、*iso*-吉草酸と *n*-吉草酸濃度の変化を示している。

両酸ともに、給与後時間の経過とともに下降の傾向を示している。そして、いずれの時点においても区間に有意差は認められない。

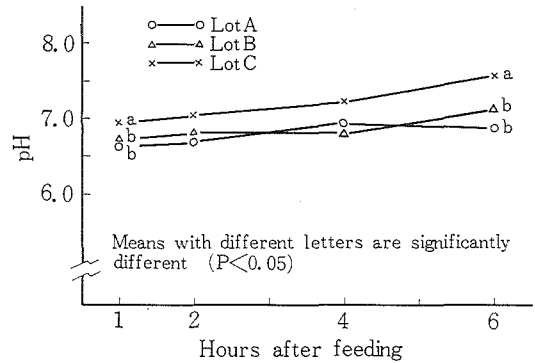


Fig. 1 The pH value of rumen fluid of fistulated wethers fed the silages.

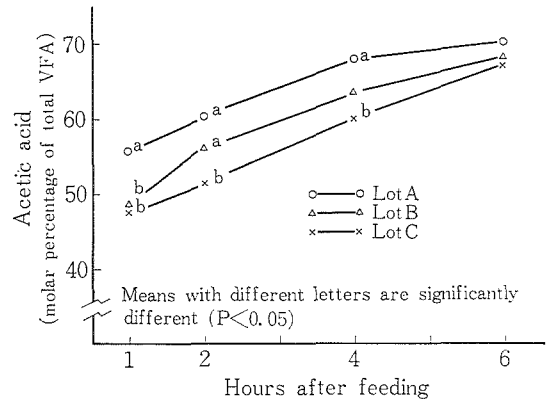


Fig. 2 Proportion of acetic acid of the total volatile fatty acids in rumen fluid of fistulated wethers fed the silages.

## 考 察

以上は、同一材料から調製した品質の異なるサイレージを給与して飼養したヒツジの、給与後の第一胃液の pH 値および VFA 濃度の変動を経時的に調査した結果であるが、経時的変動は一般の草類を採食した場合と大差ない経過をたどっていると思われる。いっぽう、区間すなわち給与サイレージの品質との関係で、これらを比較する場合、若干の特徴が認められる。すなわち、給与後 1 時間における第一胃液の pH 値、総 VFA に対する酢酸、プロピオン酸、*iso*-酪酸および *n*-酪酸濃度の比率は、それぞれ区間に有意差を認め、かつ、それらの水準はサイレージ中の水準と平行的な関係にあることが認められた。さらに、これらの傾向は給与後 2~4 時間経過した後でも認められ、酢酸および *n*-酪酸の場合、区間に有意差が存在した。これらの諸結果は、サイレージの発酵的品質が、少なくとも採食後早期の第一胃内発酵に対し、かなり影響をおよぼすものであることを示唆しているように思われる。

ORTH ら<sup>10)</sup>は、種類および品質の若干異なるサイレージを使った飼養試験の結果を示しているが、第一胃内発酵に顕著な差を認めず、他の利用法に比べてサイレージが家畜の第一胃内発酵に本質的に差を生ぜしめるものではないと論じている。また、FENNER ら<sup>11)</sup>は、乾草を同一乾物量に相当する量のトウモロコシサイレージで代替して飼養試験をおこない、第一胃液の pH 値および総 VFA 量において両者間の差を認めなかったとしている。

いっぽう、McCULLOUGH ら<sup>9)</sup>は、青刈小麦とグラスを材料にして、これに粉末トウモロコシ、尿素および炭酸カルシウムを添加して品質の異なるサイレージを調製し、乳牛による飼養試験を実施した。その結果、採食 2 時間後の第一胃液の VFA 濃度はサイレージの品質の影響をかなり強く受け、プロピオン酸、*n*-酪酸および *n*-草吉

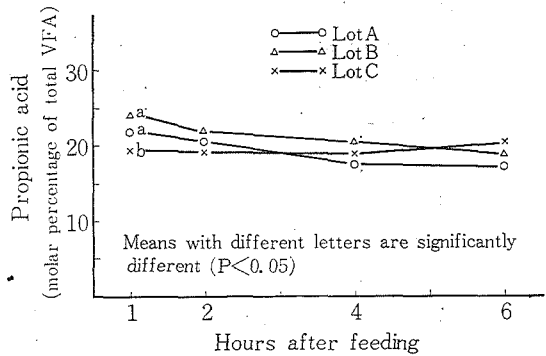


Fig. 3 Proportion of propionic acid of the total volatile fatty acids in rumen fluid of fistulated wethers fed the silages.

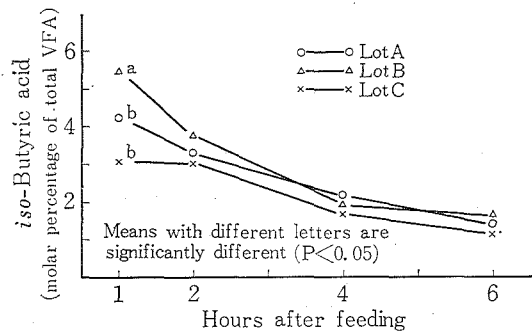


Fig. 4 Proportion of *iso*-butyric acid of the total volatile fatty acids in rumen fluid of fistulated wethers fed the silages.

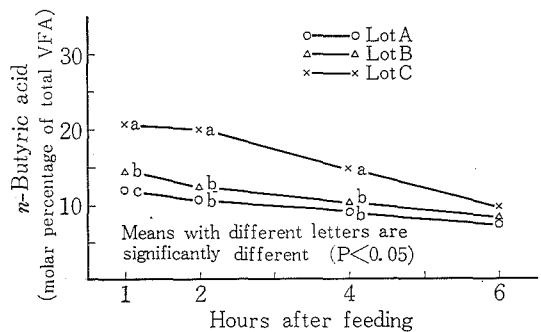


Fig. 5 Proportion of *n*-butyric acid of the total volatile fatty acids in rumen fluid of fistulated wethers fed the silages.

酸の濃度に有意差を生じた。すなわち、劣質サイレーズ給与によりプロピオン酸が有意に低くなり、*n*-酪酸および*n*-吉草酸が有意に高くなったという。また、牧野ら<sup>6)</sup>は、乳酸を反すう胃に投与した場合、速やかに VFA 画分に現われること、そしてその場合、品質のよいサイレーズを給与した第一胃は、乳酸をプロピオン酸に変化する能力が高くなることを報告している。

本実験の場合、前述のように供試サイレーズは同一草から添加物を用いずに調製し、かつ乾物給与水準を一定にして飼養試験を実施したものであるが、上述の McCULLOUGH らおよび牧野らの結果を支持する結果が得られたことになる。しかしてこれらの事実を、サイレーズ中の酢酸がそれを摂取する家畜の乳脂肪の含量に直接影響をおよぼすとする見解<sup>7)</sup>、ならびに、RENNER ら<sup>11)</sup>、KIERMEIER ら<sup>9)</sup>のサイレーズの発酵的品質と乳生産および乳質との関係についての調査結果などと合せ考察するとき、サイレーズの発酵的品質は、飼料成分の損失や消化率への影響をとおして家畜の生産性に関与するとともに、第一胃内発酵への影響を通じて生産性に関与することが推測される。

### 摘 要

サイレーズの発酵的品質と飼料価値との関係を知るための研究の一環として、発酵的品質と、それを給与された家畜の第一胃内発酵との関係を検討した。

一番草のイタリアンライグラスを出穂初期に収穫し、日乾によって水分調節したのち 2.5 cm に細切して埋蔵し、品質の異なる 3 区のサイレーズを調製した。第一胃フィスチュラを装着した去勢ヒツジ 3 頭を供用し、でき上りサイレーズの飼養試験を 3×3 ラテン方格法の設計により、サイレーズ単一給与により実施した。各期試験の 15 日目の第一胃液を、飼料給与後 1, 2, 4 および 6 時間目にフィスチュラを通じて採取し、その pH 値および VFA 濃度を調査した。

結果の要約は次のようである。

(1) 供試サイレーズの pH 値および評点は、A 区：4.41 および 80 点(良)、B 区：4.78 および 58 点(可)、C 区：4.81 および 10 点(下)であった。そして、それぞれのサイレーズの VFA

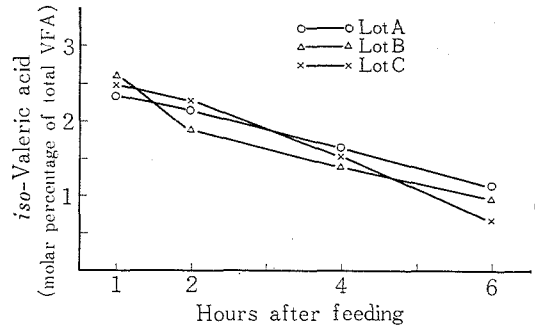


Fig. 6 Proportion of *iso*-valeric acid of the total volatile fatty acids in rumen fluid of fistulated wethers fed the silages.

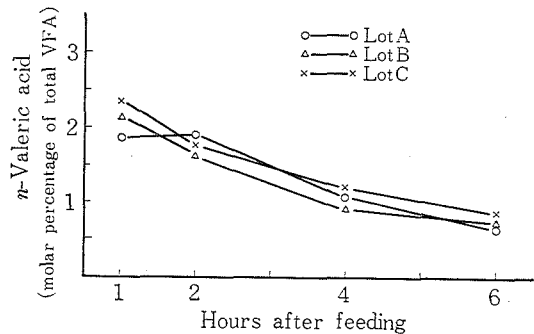


Fig. 7 Proportion of *n*-valeric acid of the total volatile fatty acids in rumen fluid of fistulated wethers fed the silages.

は、その発酵的品質に応じて異なった分布を示した、

(2) ヒツジ第一胃液の pH 値は、A, B 両区に比べて総体的にC区サイレージ給与の場合に高く、給与後1時間および6時間目の値で、A, B 両区と C 区間に有意差が認められた、

(3) ヒツジ第一胃液の VFA の調査結果より、総 VFA に対する酢酸の比率は総体的に A 区で高く、C 区で最も低く、B 区では中間の値を示した。そして、給与後4時間までの値で、A 区と C 区間に有意差が認められた。いっぽう、*n*-酪酸の比率は総体的にC区が高く、B 区がこれにつき、A 区が低い値を示し、給与後4時間までの C 区と A, B 両区間に有意差が認められた。さらに、プロピオン酸および *iso*-酪酸の比率は給与後1時間目においてのみ有意差が認められ、B 区が高く、A 区そして C 区の順序となった、

これら諸結果は、給与されるサイレージの発酵的品質が、摂取した家畜の第一胃内発酵に、かなり影響するものであることを示していると思われる。

#### 文 献

- 1) FENNER, H., R. A. DAMON, JR. and H. D. BARNS : J. Dairy Sci. **53**, 1568—1577 (1970)
- 2) 畑村又好・奥野忠一・津村善郎 : スネデカー・コ克蘭 統計的方法 (原著第6版), 259—262 (1972)
- 3) 林 弘明・内田仙二・堀米隆男 : 岡山大農学報 **50**, 65—70 (1977)
- 4) 蔭山勝弘・森 治夫・佐藤勝郎 : 日畜会報 **44**, 465—469 (1973)
- 5) KELLNER, O. und M. BECKER : Grundzüge der Fütterungslehre (15., neubearbeitete Auflage), 120—121, Verlag Paul Parey, Hamburg (1971)
- 6) KIERMEIER, F. und E. RENNER : Arch. Tierernähr. **14**, 375—394 (1964)
- 7) KIRCHGESSNER, M., H. FRIESECKE und G. KOCH : Fütterung und Milchzusammensetzung, 32—33, Bayerischen Landwirtschaftsverlag, München (1965)
- 8) 牧野憲次・小川キミエ・小林亮英 : 日草誌 **18** (別号—1), 138—139 (1972)
- 9) McCULLOUGH, M. E., L. R. SISK and W. W. G. SMART, JR. : J. Dairy Sci. **53**, 1042—1045 (1970)
- 10) ORTH, A und W. KAUFMANN : Die Verdauung im Pansen und ihre Bedeutung für die Fütterung der Wiederkäuer, 63—65, Verlag Paul Parey, Hamburg (1961)
- 11) RENNER, E. und F. KIERMEIER : Z. Tierphysiol. Tierernähr. u. Futtermittelk. **18**, 258—271 (1963)
- 12) 須藤恒二 : 牛の臨床検査法 (第6章), 39—42, 農文協・東京 (1973)
- 13) 須藤 浩 : サイレージと乾草, 152—156, 養賢堂・東京 (1971)
- 14) 須藤 浩・内田仙二・平松 昇 : 岡山大農学報 **36**, 43—48 (1970)
- 15) 内田仙二・須藤 浩 : 岡山大農学報 **38**, 51—58 (1971)
- 16) 内田仙二・須藤 浩 : 岡山大農学報 **42**, 33—38 (1973)
- 17) 内田仙二・須藤 浩・坂口 英 : 岡山大農学報 **43**, 47—52 (1974)
- 18) 内田仙二・須藤 浩 : 岡山大農学報 **50**, 71—76 (1977)

## 正 誤 表 (Errata)

| 頁<br>(Page) | 行<br>(Line) | 誤<br>(Erratum) | 正<br>(Correct)         |
|-------------|-------------|----------------|------------------------|
| 2           | 2           | 1967           | 1967年                  |
| 3           | 3           | 組職学            | 組織学                    |
| 3           | 24          | 資料             | 資料                     |
| 8           | 11          | 分析し易し          | 分析し直し                  |
| 14          | 8           | ミカンユミバエ        | ミカンコミバエ                |
| 31          | 24. 26      | egg yolk       | egg-yolk               |
| 40          | 15          | 研者             | 研究者                    |
| 42          | 16          | fragmen-tation | fragmentation          |
| 55          | 14          | 259—262 (1972) | 259-262, 岩波書店・東京(1972) |