

トウフ粕混合サイレージの発酵品質と開封後の品質変化

馬場武志・太田剛¹⁾・井上信明
(畜産研究所)

トウフ粕を省力的に長期貯蔵するために、乳用牛への給与を前提としてトウフ粕混合サイレージを調製し、その発酵品質と開封後の品質変化について検討した。

トウフ粕のみを密封貯蔵したトウフ粕区を対照区とし、トウフ粕に水分調整のためビートパルプを加えた水分調整区、粗飼料以外の給与飼料を混合したセミコン区、すべての給与飼料を混合したオールイン区を設定し、次の結果を得た。

対照区以外は、いずれの区も給与可能な発酵品質であった。特に、セミコン区は酪酸の発生がなく発酵品質が優れていた。セミコン区は、調製後約7日で発酵品質が安定し、利用開始が可能であった。また、開封後16日間は発酵品質の変化が少なく、給与可能な品質を保持していた。

[キーワード：トウフ粕、サイレージ、発酵品質]

The Fermentation Quality and Quality Change After Opening on Soybean Curd Residue Silage Mixed with Feed for Dairy Cattle. BABA Takeshi, Takeshi OTA and Nobuaki INOUE (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka, 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 18:143-146 (1999)

This experiment was conducted to study the fermentation quality and quality change after opening on soybean curd residue silage mixed with feed for dairy cattle. An attempt has been made to investigate the conditions for processing high quality soybean curd residue silage and the available period.

Soybean curd residue silage mixed with feed for dairy cattle without forage balky feed had a better fermentation quality. It was 7 days that the time which becomes available on soybean curd residue silage mixed with feed for dairy cattle without forage balky feed. And the available period after opening it was equal to or more than 2 weeks.

[Key words: soybean curd residue, silage, fermentation quality]

緒 言

都市近郊における乳用牛及び肉用牛の飼料費低減のためには、食品製造副産物の有効利用が効果的である。中でもトウフ粕は大豆の水溶性成分が抽出された残さで、蛋白質及び可消化養分に富む良質飼料である。これまで、トウフ粕を利用した乳用牛及び肉用牛への飼料給与技術については多くの研究がなされている^{1,2,5,6,8)}が、現実には家畜飼料としての利用割合は低い。この原因の一つとして、トウフ粕は水分含有率が高く腐敗し易い¹⁶⁾ことがあげられる。このため、トウフ粕に水分調整材や添加剤を加えてサイレージ調製し、貯蔵性を向上させる研究^{3,7,17)}が行われている。しかし、水分調整材や添加剤を加えて調製したトウフ粕サイレージをTMRやセミコンプリートフィードとして給与するためには、トウフ粕サイレージ調製時と給与時の2回混合調製することになり労力やコスト負担が大きい。したがって、トウフ粕を直接TMRサイレージやセミコンプリートフィードサイレージに調製することが考えられる。しかし、乳用牛への給与を前提とし、トウフ粕を利用したTMRサイレージやセミコンプリートフィードサイレージの調製に関する研究はみあたらない。

そこで、乳用牛への給与を前提として、トウフ粕を活用したTMRサイレージやセミコンプリートフィードサイレージ等の混合サイレージを調製し、その発酵品質と開

封後の品質変化について検討した。

材料及び方法

試験1 トウフ粕混合サイレージの発酵品質

乳用牛への給与を前提として、トウフ粕に各種飼料を混合してサイレージ調製し、その発酵品質を調査した。試験は、生トウフ粕をそのまま貯蔵したトウフ粕区を対照区とし、ビートパルプを水分調整材として利用した水分調整区、粗飼料を除く他の給与飼料を混合し粗飼料の品質に左右されない安定した発酵品質を目指したセミコン区、乳用牛へ直接給与することを目的とし粗飼料を含むすべての給与飼料を混合したオールイン区の4区を設定し各区3反復で行った。混合材料は、ビートパルプ、ヘイキューブ(クラッシュ)、加熱ダイズ、市販の乳牛用配合飼料(ペレット)、イタリアンライグラスサイレージ(水分67%出穂期刈取り)を用いた。各区の材料混合割合は、第1表のとおりである。オールイン区の混合割合は、体重630kg、乳量30kgの乳用牛へ給与することを前提として、TDN75%、CPI6.5%、OCW45%になるよう日本飼養標準(1994)¹¹⁾を基に計算して決定した。各試験区の規模は1ℓ容とし、プラスチック積層フィルム製の袋¹⁵⁾を用いて密封貯蔵した。調製は1995年6月26日に行い、屋内に常温で37日貯蔵後1995年8月2日に開封し発酵品質分析用のサンプルを採取した。

1) 現福岡県農政部畜産課

第1表 トウフ粕混合サイレーズの各材料の混合割合

単位:現物重量%

試験区(TDN/DM,CP/DM,ADF/DM,OCW/DM)	トウフ粕	ビートパルプ	ハイキューブ	加熱ダイズ	配合飼料	イタリアンライグラスサイレーズ
トウフ粕区(89.3,27.8,18.4,47.9)	100	—	—	—	—	—
水分調整区(83.5,19.4,21.9,54.0)	86	14	—	—	—	—
セミコン区(80.2,17.9,16.2,36.0)	48	8	8	4	32	—
オールイン区(74.9,16.5,22.7,44.8)	29	5	5	2	20	39

試験2 トウフ粕混合サイレーズの貯蔵期間と発酵品質

トウフ粕混合サイレーズ調製後の発酵の進展状況を調査し、発酵品質が安定し利用可能となるまでの日数を検討した。材料の混合割合、貯蔵方法は試験1のセミコン区と同様とし、1996年7月30日に12袋のサイレーズを調製した。このサイレーズを調製後2日、7日、14日、30日後に各3袋ずつ開封し、それぞれの発酵品質を分析した。

試験3 トウフ粕混合サイレーズの開封後の品質変化

トウフ粕混合サイレーズを実用規模で調製・貯蔵し、開封後の利用可能日数について検討した。

調製には、当場の自走式4 m³ TMR混合機を使用した。試験1のセミコン区と同じ割合で材料を混合した後、400 ℓ容の大型コンテナに農業用ビニールを利用して密封貯蔵した。調製は、1996年7月30日に行い、40日間貯蔵した後1996年9月10日に開封した。開封後は、毎日少量ずつ取り出しながら開封時、2日後、7日後、16日後にサンプルを採取し発酵品質を分析した。取り出しは、毎日午前中に行い、取出し後はビニール製の蓋を閉じ再密封した。

分析項目及び分析法

分析項目は、乾物率、pH、全窒素(TN)、揮発性塩基態窒素(VBN)、有機酸含有率とした。サイレーズの発酵品質はVBN/TN及びV-SCORE¹⁾で評価した。

乾物率は80℃48時間の熱風乾燥により求め、全窒素はケルダール法¹⁰⁾で定量した。pHはガラス電極pHメーターにより測定し、揮発性塩基態窒素は水蒸気蒸留法¹²⁾で定量した。有機酸含有率は、高速液体クロマトグラフを用いたポストラベル法¹³⁾で乳酸及び揮発性脂肪酸を同時に定量して求めた。

結 果

1 トウフ粕混合サイレーズの発酵品質

トウフ粕混合サイレーズの発酵品質を第2表に示した。水分含有率は、対照区が83.0%であったのに対し、水分調整区は71.5%であった。また、セミコン区が43.0%と最も低く、オールイン区は53%であった。

pHは水分調整区が4.0と最も低く、セミコン区、オールイン区は対照区及び水分調整区より高い傾向にあった。

セミコン区及びオールイン区の総有機酸含有率は、他の区に比べ有意に高く5%以上であった。有機酸の中でもセミコン区及びオールイン区の乳酸含有率は、トウフ粕区の7~8倍、水分調整区の2.4~2.7倍と非常に高かった。また、セミコン区以外では酪酸の発生がみられ、その含有率は対照区が他の区に比べ有意に高かった。

サイレーズ中のVBN/TNは12.5以下を優と評価する⁴⁾が、今回の試験では最も高いオールイン区でも5.70であり、品質評価に影響の少ないレベルであった。

V-SCOREは、セミコン区が98点と最も良かった。また、オールイン区は酢酸含有率が他の区に比べ高かったものの85点でセミコン区とともに「良」と評価された。水分調整区は、酪酸が0.35%含まれ72点「可」と評価されたが、給与に支障のない発酵品質であった。トウフ粕区は、58点「不良」の低い評価点であった。

2 トウフ粕混合サイレーズの貯蔵期間と発酵品質

試験1のセミコン区と同じ材料混合割合でトウフ粕混合サイレーズを調製後、貯蔵期間と発酵品質の関係について調査した結果を第3表に示した。各貯蔵期間とも酪酸の生成はみられず、VBN/TNについても品質評価に影響のない低いレベルであった。pHは調製後2日目で4.7であったが、14日後には4.4まで低下し、その後の低下割合は低くなった。乳酸含有率は2日と7日の間に有意差があったが、7日以降は増加傾向にあるものの有意差はなかった。酢酸含有率は期間が長くなると増加した。

第2表 トウフ粕混合サイレーズの発酵品質

区 分	水分 %	pH	粗蛋白質 DM% ¹⁾	VBN/TN %	有機酸含有率			計	発酵品質評価 V-SCORE(評価)
					乳酸 FM% ²⁾	酢酸 FM% ²⁾	酪酸 FM% ²⁾		
トウフ粕区	83.0	4.1	25.5	2.85a	0.57a	0.46a	0.56a	1.59a	58(不良)
水分調整区	71.5	4.0	16.3	1.82b	1.74b	0.17b	0.35b	2.26b	72(可)
セミコン区	43.0	4.4	17.5	2.84a	4.70c	0.52a	0.00	5.22c	98(良)
オールイン区	53.0	4.3	15.1	5.70c	4.19c	0.72c	0.13c	5.04c	85(良)

1)DM%:乾物中の含有率

2)FM%:現物中の含有率

3)a,b,c:含有率を逆正弦変換後一元配置分散分析により異符号間に有意差(5%水準)があることを示す

第3表 トウフ粕混合サイレーズの貯蔵期間と発酵品質

貯蔵期間	水分 %	pH	粗蛋白質 DM% ¹⁾	VBN/TN %	有機酸含有率				発酵品質評価 V-SCORE(評価)
					乳酸	酢酸	酪酸	計	
					FM% ²⁾	FM% ²⁾	FM% ²⁾		
2日	41.2	4.7	18.8	1.10a	3.36a	0.46a	0.00	3.82a	98(良)
7日	41.3	4.5	18.9	1.82b	4.11b	0.53b	0.00	4.64b	97(良)
14日	41.5	4.4	19.0	2.33c	4.21b	0.70c	0.00	4.91b	96(良)
30日	42.2	4.3	19.5	3.03d	4.37b	0.93d	0.00	5.30c	94(良)

1)DM%:乾物中の含有率

2)FM%:現物中の含有率

3)a,b,c:含有率を逆正弦変換後一元配置分散分析により異符号間に有意差(5%水準)があることを示す

第4表 トウフ粕混合サイレーズの開封後の品質変化

開封後日数	水分 %	pH	粗蛋白質 DM% ¹⁾	VBN/TN %	有機酸含有率				発酵品質評価 V-SCORE(評価)
					乳酸	酢酸	酪酸	計	
					FM% ²⁾	FM% ²⁾	FM% ²⁾		
開封時	43.4	4.3	19.8	3.60a	4.53a	1.06a	0.00	5.59	93(良)
2日後	43.0	4.3	19.7	3.90a	4.60a	1.13a	0.00	5.73	93(良)
7日後	42.5	4.4	19.8	4.16b	4.13b	1.24b	0.01	5.38	91(良)
16日後	41.7	4.4	19.7	4.47b	4.00b	1.38b	0.03	5.41	89(良)

1)DM%:乾物中の含有率

2)FM%:現物中の含有率

3)a,b,c:含有率を逆正弦変換後一元配置分散分析により異符号間に有意差(5%水準)があることを示す

3 トウフ粕サイレーズの開封後の品質変化

実用規模で試験1のセミコン区と同じ材料混合割合のトウフ粕混合サイレーズを調製し、開封後日数とサイレーズの発酵品質の変化について調査した結果を第4表に示した。

水分含有率は、開封後日数の経過とともにわずかに低下するものの、16日間で1.7%減少したにすぎなかった。pHは4.3~4.4と安定していた。

VBN/TNは開封後日数の経過とともに増加する傾向にあったが、16日後においても4.47と、品質の低下を示すほどではなかった。

乳酸含有率は、開封後経過日数とともに徐々に減少する傾向があったが、開封16日後においても4%と高かった。酢酸含有率は乳酸含有率とは逆に徐々に増加する傾向にあった。また、開封後7日目に酪酸が検出され、16日後にはさらに増加した。このため、V-SCOREは7日以降低下したが、開封16日後においても89点で「良」と評価された。

考 察

サイレーズの発酵品質は材料の水分含有率・糖含量・発酵温度等に大きな影響を受ける¹⁸⁾。中でも、水分含有率は発酵品質に大きな影響を与えており、牧草サイレーズでは水分含有率70%前後が最も発酵品質が高く、60%以下では発酵全体が抑制されるといわれている¹⁸⁾。しかし、今回行った試験区の中では、水分含有率の最も低いセミコン区が最も良い発酵品質評価であった。セミコン区では水分含有率が43%と非常に低いにも関わらず発酵が抑制されることはなく、乳酸含有率の高いサイレーズが調製できた。このようにセミコン区の乳酸含有率が非常に高くなった理由としては、乳用牛への給与を前提と

して多量の配合飼料を混合したためではないかと考えられる。配合飼料には、炭水化物や糖等の乳酸菌のエネルギー源が牧草に比べ非常に多く含まれている。日野らが行った肉用牛を対象としたオールインサイレーズ調製試験⁹⁾でも配合飼料は使用されていた。しかし、その混合割合は13%程度と少なく、混合材料や水分条件も異なっていたことから、乳酸含有率は1~2%となり、本試験の結果と異なっていた。今回の試験では、セミコン区の配合飼料混合割合が32%と多く、水分含有率が43%と低かったため、他の嫌気性菌の活性が低下する中で、相対的に乳酸菌の活性が高くなり、大量の乳酸が生成されたのではないかと推察される。サイレーズの水分含有率と有機酸生成の関係では、水分含有率の低下とともに酪酸・酢酸の生成量が減少するのに対し乳酸は60%以下の水分含有率でも生成される¹⁴⁾と言われている。今回の試験においても、水分含有率が低くなるほど酪酸含有率が低下し、水分含有率が最も低いセミコン区で乳酸含有率が高くなった傾向はこのことと一致する。しかし、配合飼料の混合割合や調製水分条件等と乳酸含有率の関係について明らかにした研究は見あたらない。今後、これらの関係について明らかにしていく必要がある。また、乳酸含有率とサイレーズの採食性に関する研究は少ないが、乳酸含有率の高い合成水溶液を家畜へ投与すると飼料摂取量が減少するという報告もある⁹⁾。このため、今回のように高い乳酸を含むトウフ粕混合サイレーズを家畜に給与した場合、生産にどのような影響を与えるのか等についても今後検討を行う必要がある。

トウフ粕混合サイレーズを家畜に給与する場合、家畜への給与計画や調製作業計画を立てるために、調製後の給与可能となる時期及び開封後の利用可能期間を知る必要がある。このため、今回行った試験区の中で最も品質の優れていたセミコン区について、利用開始時期及び開

封後の利用可能期間を明らかにする試験(試験2, 3)を行った。この結果、調製後7日でpHは4.5に低下し以後の低下割合が少ないこと及び乳酸含有率の増加割合が7日以降低下すること等から、7日以内に利用可能な発酵品質に達していると考えられた(第3表)。また、開封後の利用可能期間については、7~16日後に若干の酪酸の発生等がみられるものの16日後のV-SCOREが89点であったことから、開封後16日間は十分利用可能な発酵品質を保持していると言える(第4表)。これらのことから、本試験のセミコン区の混合割合でトウフ粕混合サイレージを調製した場合、調製後7日以降に利用可能となり、開封後利用可能な期間は2週間程度と判断される。さらに、本手法を用いることにより、トウフ粕の有効利用が図られるとともに、1~2週に1回程度の調製作業で実用的な連続給与が可能であると考えられる。

引用文献

- 1) 甘利雅弘・古賀照章・阿部亮(1994)豆腐粕の牛用飼料としての飼料価値と消化特性. 畜試研報 **54** : 35-42.
- 2) 後藤治(1990)食品製造粕(トウフ粕)を利用した搾乳肥育技術. 九州農業研究 **52** : 137.
- 3) 日野義彦・小林仁・面川昭平(1992)低利用資源の飼料化技術の確立. 宮城畜試研報 **3-1** : 255-260.
- 4) 自給飼料品質評価研究会編(1994)粗飼料の品質評価ガイドブック, 東京:日本草地協会, pp82-87.
- 5) 川西隆智(1994)粕類を主体とした乳用種去勢牛肥育. 神奈川畜試研報 **71** : 79-85.
- 6) 小嶋豊司ほか5名(1986)トウフ粕給与による乳用雌子牛の肥育技術. 奈良畜試研報 **13** : 1-15.
- 7) 熊井清雄(1994)肉用牛飼料としてのトウフ粕サイレージの品質と飼料価値. 肉用牛ジャーナル **74** : 34-37.
- 8) 増山秀人ほか4名(1995)トウフ粕(乾燥)による和牛肥育体系の確立. 栃木畜試研報 **11** : 1-8.
- 9) M. CLANCY, P. J. WANGSNES and B. R. BAUMGARD (1976) Effect of Extract on Voluntary Intake, Rumen Fluid Constituents, and Rumen Motility. J. Dairy Sci. **60**:580-590.
- 10) 森本宏(1971)動物栄養試験法, 東京:養賢堂, pp82-87.
- 11) 農水省技術会議事務局(1994)日本飼養標準, 東京:中央畜産会, pp122-133.
- 12) 農水省草地試験場(1975)サイレージ試験法, 草地試資料 **50-3** : 44-46.
- 13) 大桃定洋・田中治・北本宏子(1993)高速液体クロマトグラフィーによるサイレージ中の有機酸の定量. 草地試研報 **48** : 51-55.
- 14) 高野信雄(1989)サイレージ調製給与の理論と展開, 東京:日本草地協会, pp35.
- 15) 田中治・大桃定洋(1995)プラスチックフィルムを用いた小規模サイレージ発酵試験法(パウチ法)の開発. Grassland Science **41** : 55-59.
- 16) 田中修(1995)トウフ粕の乳牛に対する上手な給与技術. 畜産コンサルタント **31(11)** : 14-19.
- 17) 山本静二・辻井弘忠(1988)自家配トウフ粕サイレージの調製とその消化試験. 畜産の研究 **42(10)** : 52.
- 18) 吉田則人・高野信雄(1989)最新サイレージ調製と給与の決め手, 東京:デーリーマン社, pp30.